N° d'ordre : 164

THÈSE

PRÉSENTÉE

A L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX I

POUR OBTENIR LE DIPLOME DE

DOCTEUR - INGÉNIEUR

PAR

Vazguen GRIGORIAN

Ingénieur-Agronome, Diplômé de l'Université de TABRIZ (Iran)

L'embryogenèse chez l'Amandier (*Prunus amygdalus, Batsch*) ; étude comparée de la dormance des graines et de la dormance des bourgeons végétatifs

---

Soutenue le 30 Mai 1972, devant la Commission d'Examen :

M. Le Professeur R. DAVID, Correspondant de l'Institut ..... *Président*

M. Le Professeur A. LUTZ, ...
M. J. BOUARD, Maître de Conférences ..... } *Examinateurs*

1972

N° d'ordre : 164

THÈSE

PRÉSENTÉE

A L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX I

POUR OBTENIR LE DIPLOME DE

DOCTEUR - INGÉNIEUR

PAR

Vazguen GRIGORIAN

Ingénieur-Agronome, Diplômé de l'Université de TABRIZ (Iran)

L'embryogenèse chez l'Amandier (*Prunus amygdalus, Batsch*) ; étude comparée de la dormance des graines et de la dormance des bourgeons végétatifs

---

Soutenue le 30 Mai 1972, devant la Commission d'Examen :

M. Le Professeur R. DAVID, Correspondant de l'Institut ..... *Président*

M. Le Professeur A. LUTZ, ...
M. J. BOUARD, Maître de Conférences ..... } *Examinateurs*

1972

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

I N T R O D U C T I O N

-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-

La culture de l'Amandier dans certains pays méditerranéens ainsi que dans la région d'Azerbaidjan en Iran, a un rôle économique majeur.

Cependant, c'est une espèce dont la physiologie est assez mal connue en raison du peu d'intérêt qu'elle a suscité. Sa floraison précoce accroît le risque des gelées tardives, aussi, sa zone de culture reste très limitée et la tardivité de floraison est un caractère très recherché par tous les sélectionneurs.

Quels sont les facteurs qui contrôlent le débourrement précoce ou tardif des bourgeons de cette espèce ? Dans quelle mesure peut-on intervenir pour améliorer la régularité de sa production ? Ces questions mal résolues nous ont poussés à approfondir par de nouvelles méthodes la physiologie de cette espèce.

Il apparaissait intéressant, au départ, d'étudier les différents stades de l'embryogenèse et de déterminer l'époque où la dormance embryonnaire pouvait s'installer.

L'étude des besoins en froid des graines issues de fécondations libres et celles issues de fécondations contrôlées était un moyen qui devait nous permettre d'apprécier l'influence du géniteur femelle ou du géniteur mâle sur certains caractères des semences. Ces éléments sont nécessaires pour la réalisation des programmes d'amélioration.

Les bourgeons latents, pendant une partie du cycle végétatif, et au cours du repos hivernal, manifestent une capacité de débourrement plus ou moins grande en fonction de la sensibilité variétale à réagir aux phénomènes climatiques.

Cette capacité de débourrement des bourgeons végétatifs et celle de la germination des graines peut être exprimée par les besoins en froid auxquels doivent être soumis ces organes pour qu'ils puissent reprendre leur activité. L'appréciation de ces besoins sera utile pour approfondir nos connaissances sur la physiologie de cette espèce et pour guider le travail des sélectionneurs.

Dans cet exposé, nous nous proposons d'apporter une contribution à l'étude de ces différents problèmes.

° °

°

Avant d'exposer nos travaux, nous voulons présenter à Monsieur le Professeur Roger DAVID, membre correspondant de l'Académie des Sciences de l'Institut de France, notre reconnaissance, pour la bienveillance qu'il nous a manifestée par ses précieux conseils et ses encouragements.

Nous le remercions particulièrement d'avoir bien voulu accepter la Présidence du Jury de cette thèse.

Notre reconnaissance va aussi à Messieurs les Professeurs Albert LUTZ et Jacques BOUARD, lauréats de l'Institut qui nous ont prodigué leur enseignement et qui ont bien voulu accepter de faire partie du jury.

Nous exprimons notre gratitude à Monsieur Jacques SOUTY, Chargé de Mission, coordinateur des activité "Production Fruitière" de l'INRA qui a organisé dès 1962, les échanges entre la Station de Recherches d'Arboriculture Fruitière (Grande Ferrade) et la Faculté d'Agronomie de Tabriz en IRAN.

Je tiens à manifester ma profonde gratitude à Monsieur René BERNHARD, Directeur de la Station, correspondant de l'Académie d'Agriculture, pour m'avoir accepté dans sa Station et pour ses conseils et ses encouragements.

Nos sentiments de reconnaissance vont également à Messieurs Charles GRASSELLY, responsable du laboratoire de recherches sur les porte-greffes du Pêcher et de l'Amandier, et de l'amélioration génétique de l'Amandier, et René MONET, responsable du laboratoire de recherches sur l'amélioration génétique du Pêcher, pour leur aide, leurs conseils et encouragements qu'ils nous ont apportés dans la réalisation de ce travail.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547317_0009

Nous tenons à remercier particulièrement Messieurs G. SALESSES, H. GALL, P. LEGRUX, B. COUCHARRIERE, Y. BASTARD, G. OLIVIER, tout le personnel Scientifique, Technique et Ouvrier de la Station et du domaine expérimental de MANDUEL, Mesdames DELBOS, LARUE, ROBY, THOMAS, secrétaires de la Station.

Notre reconnaissance va aussi au Recteur de l'Université de TABRIZ et à Monsieur le Professeur FOUTOUHI, Doyen de la Faculté d'Agronomie de Tabriz qui nous ont accordé notre séjour en France, au Professeur COMPANI et tous les autres collaborateurs de la Faculté de Tabriz pour leurs encouragements.

Nous nous permettons enfin d'adresser nos remerciements aux gouvernements Iranien et Français, qui nous ont accordé les bourses de séjour en France pour réaliser ce travail.

° °

°

H I S T O R I Q U E

Dans cet historique, nous donnerons des renseignements concernant la distribution des espèces sauvages d'Amandier dans le monde, leur place dans la botanique et l'origine de l'espèce cultivée.

Certains caractères physiologiques notamment l'effet des conditions externes sur le développement de l'Amandier, son époque de floraison et sa variation en fonction du climat seront étudiés. Enfin l'incapacité à l'autofécondation chez cette espèce sera également examinée.

Nous signalerons ensuite les différents travaux ayant trait à nos préoccupations dans l'ordre que nous avons adopté pour notre mémoire, c'est-à-dire :

a) Les travaux relatifs à l'étude histologique des différents stades de développement de l'embryon en fonction de la date de floraison.

b) Ceux relatifs à l'étude de la dormance de l'embryon en fonction de la variété femelle et du pollinisateur.

c) Enfin ceux qui traitent de la dormance des bourgeons végétatifs.

I. CONSIDERATIONS GENERALES SUR L'ESPECE AMANDIER

A. ORIGINE BOTANIQUE DE L'AMANDIER CULTIVE

Plusieurs auteurs tels que DE CANDOLLE (1883) ; BOIS (1928) ; EVREINOFF (1936-1952) ; DE ALMEIDA cité par GAGNARD (1954) ; GRASSELLY (1969), s'accordent pour considérer l'Asie centrale et occidentale comme pays d'origine des espèces botaniques du genre *Amygdalus*.

EVREINOFF (1952a, 1952b) signale que ce genre contient une cinquantaine d'espèces dont une trentaine en Asie centrale et occidentale ; quatre en Asie orientale et quatre en Amérique. Certaines espèces telles que *P. Bucharica* BOISSIER ; *P. spinossissima* BUNGE ; *P. scoparia* SPACH étant xérophytes sont réparties dans des régions à très faible pluviométrie estivale. L'existence des espèces *P. scoparia* et *P. Fenzliana* LIPSKY dans la région du nord de l'Iran confirme bien cette observation, SABETI (1965) ; GRASSELLY (1969).

L'Amandier cultivé était considéré jusqu'à ces dernières années comme ayant un seul ancêtre : *Amygdalus communis L.* variété spontanea KORSCHINSKY dont l'aire s'étendrait du Tian Chan aux monts Copet Dagh et au-delà jusqu'au golfe Persique.

KOVALEFF et COSTINA (1935) ; EVREINOFF (1952a - 1952b) s'accordent pour penser que l'Amandier actuel est un hybride naturel entre *P. Bucharica* et *P. Fenzliana*.

Les botanistes et les pomologues sont d'accord actuellement pour attribuer à l'Amandier cultivé trois ancêtres sauvages : *P. Fenzliana ; P. Bucharica et P. Ulmifolia*, VAVILOF (1929) ; GRASSELLY (1969). Fig. 1.

Fig. 1 - Les espèces sauvages de l'Amandier cultivé.

A : Prunus Fenzliana
B : Prunus Bucharica
C : Prunus Ulmifolia

Prunus Fenzliana, très proche de l'Amandier cultivé (Amygdalus communis) est répandu en Turquie et dans les provinces d'Azerbaidjan Soviétique et Iranienne, les deux autres espèces sont originaires de la région de Tian Chan, KOVALEFF et KOSTINA (1935) ; GRASSELLY (1969). Fig. 2.

D'après ce dernier auteur d'autres espèces sauvages telles que *P. scoparia ; P. spinossissima et P. Webii* se trouvent également dans les différentes régions du Moyen-Orient. Les spécialistes et les pomologues admettent que l'Amandier cultivé est le résultat d'un croisement naturel qui s'est effectué dans des régions où ces espèces sont originaires. Dans cette idée, l'existence des formes de *P. Fenzliana* à fruits doux, signalé par RICHTER (cité par GRASSELLY 1969), confirme dans une certaine mesure l'origine de l'Amandier cultivé (Amygdalus communis).

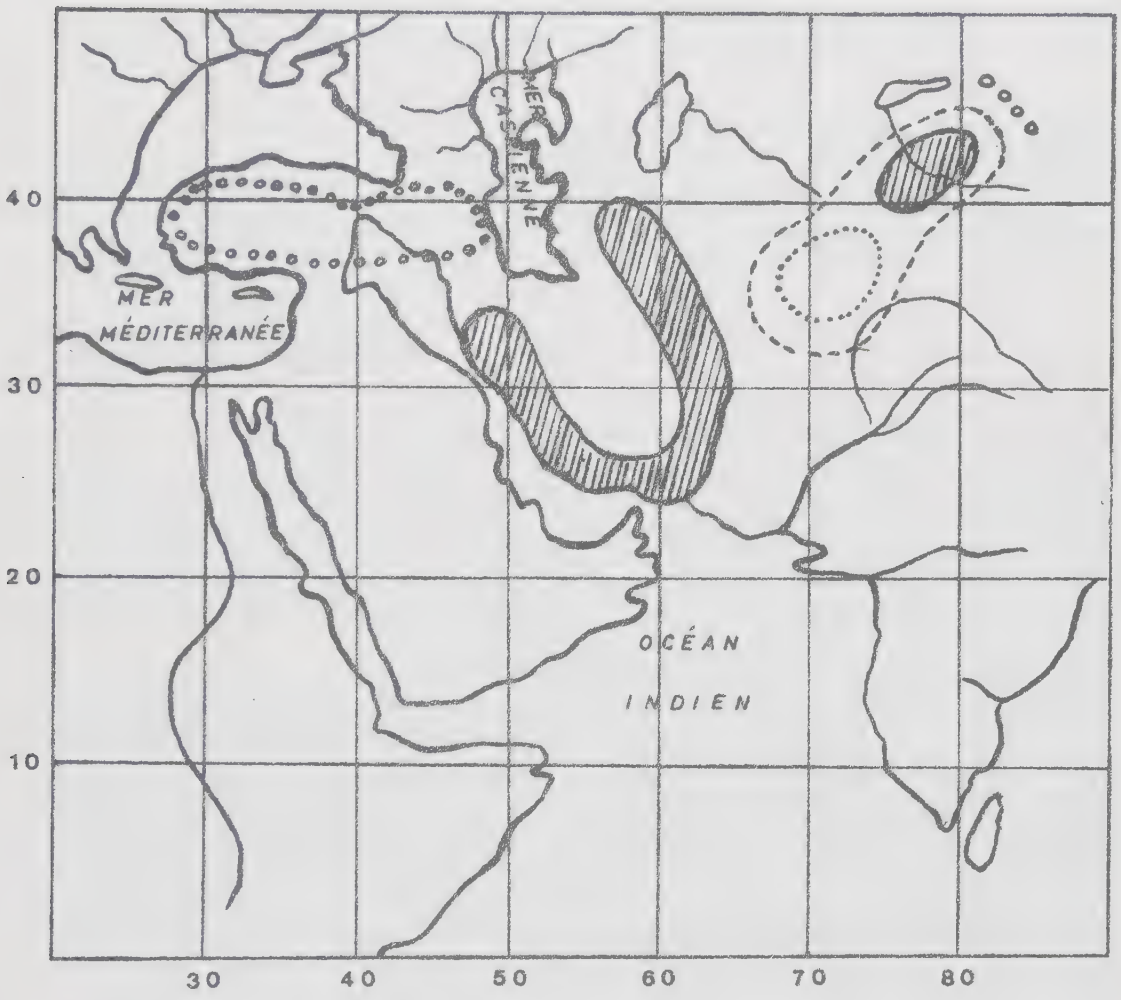
Le type amer de l'Amandier a été considéré comme la forme primitive des variétés cultivées, GAGNARD (1964). Les travaux du pomologue américain HEPPNER (1923 - 1926) cité par EVREINOFF (1952a) ont montré que des croisements entre certaines variétés d'amandes douces donnent des descendances chez lesquelles on trouve des individus à amandes douces et à amandes amères selon la loi de MENDEL 3 : 1. Cet auteur constate que le caractère doux est dominant tandis que le caractère amer est récessif.

D'après EVREINOFF (1952a - 1952b) les deux formes (douces et amères) contiennent le catalyseur "émulsine", le glucoside amygdaline ne se trouve que dans la forme à fruits amers. L'action de l'émulsine (logée dans les tissus libériens des faisceaux) sur le glucoside amydaline (logé dans les tissus parenchymateux de l'embryon) donne en présence d'eau, naissance à l'huile essentielle d'amande amère riche en acide cyanhydrique ou prussique.

En principe, il est impossible de faire une distinction morphologique entre une amande douce et une amande amère. La faculté de cyanogénèse reste le seul moyen de distinguer les types doux des types amers.

AIRE DE REPARTITION DE QUELQUES AMYGDALUS

(d'après KOVALEFF ET KOSTINA 1935)



P. COMMUNIS

P. FENZLIANA

P. ULMIFOLIA

P. BUCHARICA

Fig. 2

B. ORIGINE DE LA CULTURE DE L'AMANDIER.

Il est admis que l'Amandier serait issu de plusieurs croisements naturels entre espèces spontanées. Des variétés différentes se seraient formées et auraient été améliorées progressivement soit par des croisements naturels multiples, soit par l'action de l'homme.

En dehors du centre d'origine de cette espèce, l'Amandier a gagné l'Europe, l'Afrique du nord et l'Amérique.

En Europe, l'Amandier a été cultivé tout d'abord en Grèce, puis en Italie, en France et en Espagne. Tandis que sur la rive sud de la méditerranée, cette culture semble être contemporaine de l'invasion arabe (DE CANDOLLE 1883, GRASSELLY 1969). S'est seulement vers le milieu du XIXème siècle que l'Amandier a été introduit en Amérique.

C. POMOLOGIE GENERALE.

En raison de la pollinisation croisée obligatoire chez cette espèce, il existe un nombre considérable de variétés d'Amandier, en particulier dans les pays proches du centre d'origine de l'espèce ; variétés à coque dure, à coque tendre, fruits de formes différentes. Tous ces caractères et leurs fluctuations ont rendu extrêmement difficile une classification de base chez cette espèce.

Plusieurs botanistes et pomologues parmi lesquels BOIS (1928) ; EVREINOFF (1937) ; BOGOUCHEWSKI (1932) ; CUENOT (1945) ont adopté des classifications différentes les unes des autres.

En dehors de certaines caractéristiques morphologiques des fruits telles que la grandeur, la forme etc... on retrouve dans ces classifications deux groupes :

1. Les Amandiers à amandes douces
   - A. Amande à coque dure
   - B. Amande à coque demi-dure
   - C. Amande à coque tendre
2. Les Amandiers à amandes amères
   - A. Amande à coque dure
   - B. Amande à coque demi-dure
   - C. Amande à coque tendre

On peut critiquer cette classification qui n'a rien de botanique, les caractères retenus sont quantitatifs et dans chaque série on peut trouver des individus se situant aux niveaux extrêmes ou remplissant toute la gamme intermédiaire, elle a cependant le mérite d'être simple et pratique.

D. PLACE DE L'AMANDIER DANS LE GENRE PRUNUS.

L'Amandier appartient à la famille des Rosacées, sous famille Prunoideae, genre Prunus, sous genre Amygdalus.

Le sous-genre Amygdalus comprend plusieurs sections dont les classifications varient suivant les spécialistes.

SCHNEIDER (1904) a cité dans le sous genre Amygdalus quatre sections suivantes :

Genre Prunus

sous genre Amygdalus

1. Section Spartioides
2. Section Euamygdalus
3. Section Emplectocladus
4. Section Lycoides

REHDER (1940) a classé de façon différente les espèces de ce sous genre. La classification de REHDER a été critiquée par COCIU (1967) et GRASSELLY (1972).

D'après ces derniers auteurs, il n'est pas logique de classer dans une même section les espèces voisines de l'Amandier telles que *P. Fenzliana ; P. scoparia ; P. spartioides* d'une part et les espèces éloignées telles que *P. Persica ; P. Davidiana et P. Mira* d'autre part.

Ces auteurs modifiant légèrement la classification donnée par SCHNEIDER distinguent dans le sous genre Amygdalus les sections suivantes :

Genre Prunus

sous genre Amygdalus

1. Section Spartioides (SPACH) qui comprend les espèces :

   P. Spartioides
   P. Scoparia
   P. Arabica
   P. Agrestis

2. Section Lycoides (SPACH) qui comprend les espèces :

   P. Spinossissima
   P. Turcomenica
   P. nairica

3. Section Euamygdalus (SPACH) qui comprend les espèces :

   P. argentea
   P. Fenzliana
   P. Bucharica
   P. communis
   P. Ulmifolia

4. Section Chamaeamygdalus (SPACH) qui comprend les espèces :

   P. Nana
   P. Ledebouriana
   P. Georgica
   P. Petunikowii

Nous avons cru utile de mentionner la place de l'Amandier cultivé à côté des espèces sauvages voisines, mais seule l'espèce P. communis fera l'objet de notre étude.

II. QUELQUES CARACTERISTIQUES PHYSIOLOGIQUES DE L'ESPECE AMANDIER

L'Amandier est cultivé dans des pays à climat sec et chaud avec des hivers doux. Cependant on peut le trouver dans des régions à hiver plus rigoureux comme le Nord-Ouest de l'Iran, les Républiques de l'Azerbaidjan, de Turkestan, d'Uzbekistan, d'Arménie et du Tadjikistan ainsi qu'en Afghanistan.

Les plantations les plus importantes se trouvent dans le bassin méditerranéen en particulier en Italie et en Espagne, au Moyen Orient (Iran, Irak, Syrie et Turquie) dans les états de California et de l'Arizona aux Etats-Unis.

L'Amandier est une espèce rustique et très peu exigeante. Il est capable de s'adapter à des conditions climatiques très différentes, végéter sans aucun soin. Mais il peut, s'il est bien cultivé, produire de très fortes récoltes.

Dans certains pays où les faibles précipitations atmosphériques ne permettent pas l'extension de la culture des autres espèces fruitières, l'Amandier peut se développer correctement et même produire de façon satisfaisante. Dans la région d'Azerbaidjan en Iran, dont la pluviométrie annuelle est de 280 à 350 millimètres, la culture de l'Amandier constitue la majeure partie de l'arboriculture fruitière locale.

A. EFFET DES CONDITIONS CLIMATIQUES SUR L'AMANDIER

Les conditions climatiques jouent un rôle très important sur les chances d'implantation et de développement de la culture de cette espèce. En raison de sa floraison précoce, la culture de l'Amandier devient difficile dans les régions où les gelées tardives de printemps risquent de détruire les bourgeons floraux, les fleurs et même les jeunes fruits.

La précocité de floraison varie selon le climat et la latitude. La floraison devient plus précoce dans les pays méridionaux, par contre elle reste tardive dans des pays nordiques.

L'époque de floraison peut changer également avec l'altitude. Les cultures exposées au sud ont une époque de floraison précoce par rapport à celles exposées au nord où l'époque de floraison sera considérablement retardée.

L'Amandier est une espèce dont les bourgeons floraux à l'état hivernal supportent bien le froid. RICHTER cité par EVREINOFF (1952b) a signalé que les Amandiers à YALTA (Crimée) ont supporté sans dégâts pendant un certain temps les basses températures de l'ordre de - 32, 6° C. Dans la région de l' Azerbaidjan située au nord ouest de l'Iran, à une altitude de 1350 à 1500 mètres, l'Amandier supporte aisément sans dégâts les températures de - 25°C. Chez certaines variétés assez sensibles, on remarque seulement la chute de quelques bourgeons floraux occasionnée par les froids de fin d'hiver. Par contre, c'est seulement au début du printemps, après le départ de végétation, que l'Amandier est exposé aux dégâts des gelées tardives et par conséquent certaines années la presque totalité des bourgeons et les jeunes fruits peuvent être détruits.

La sensibilité des bourgeons floraux au froid augmente au fur et à mesure que l'on est prêt de la floraison. Les bourgeons qui supportaient, à l'état hivernal, les températures basses de -20° à -27° C ne peuvent supporter alors une exposition de quelques heures à des températures de -3° à -4°C.

A l'ouverture complète des fleurs, des températures de l'ordre de -2° à -3°C pendant quelques heures leurs sont mortelles. Les jeunes fruits noués sont encore plus sensibles ; une température de -1° à -1,5° C suffit à les détruire en quelques heures.

Pourtant, la sensibilité des bourgeons floraux soit à l'état hivernal, soit au stade préfloral varie énormément suivant les variétés. Au même stade phénologique, une variété peut résister mieux au froid qu'une autre. Nous avons observé beaucoup de cas semblables dans la collection variétale d'Amandier plantée au domaine de Manduel près de Nîmes.

B. EPOQUE DE FLORAISON DE L'AMANDIER

L'époque de floraison de l'Amandier varie suivant les variétés, on peut distinguer les Amandiers à époque de floraison précoce, ceux à époque de floraison tardive et des variétés intermédiaires.

Une variété peut fleurir à des époques différentes dans deux pays et même dans deux régions à régimes climatiques différents.

Ce sont surtout les conditions climatiques qui sévissent au début de l'ouverture des bourgeons floraux qui vont jouer un rôle important et modifier l'époque de floraison. Ce phénomène est dû, certainement, à une réponse aux conditions thermiques, caractéristiques de chaque variété, BIDABE (1965).

Cet auteur travaillant sur le Pommier pense que les différences de précocité de floraison sont le résultat de deux facteurs :

a) exigence en froid pour la levée de dormance.

b) réaction thermique, selon laquelle l'évolution des bourgeons après la levée de la dormance devient plus ou moins rapide selon la variété.

De ce fait, il est nécessaire de tenir compte du comportement des variétés vis-à-vis des caractéristiques climatiques dans les programmes d'amélioration. La détermination de la sensibilité thermique variétale lors de l'étude de la dormance ou de l'évolution des bourgeons floraux semble être primordiale.

C. PROBLEMES D'AUTOINCOMPATIBILITE CHEZ L'AMANDIER

Les différentes études (certaines sont très anciennes) se rapportant à la biologie florale de l'Amandier n'ont pas permis jusqu'à ce jour de mettre en évidence une variété auto-fertile. La pollinisation obligatoirement croisée pose, sur le plan technique, le problème du choix des variétés pollinisatrices : concordance de l'époque de floraison, intercompatibilité, qualités agronomiques de la variété pollinisatrice etc..

Avant de traiter des causes de l'autostérilité chez l'Amandier, il nous semble nécessaire de rappeler quelques termes techniques souvent utilisés.

Variété autofertile ou autocompatible : le pollen de la fleur peut féconder l'ovule de la même fleur ou d'une autre fleur de la même variété.

Variété autostérile ou autoincompatible : le pollen d'une fleur ne peut pas féconder l'ovule de la même fleur ou d'une autre fleur de la même variété.

Dans le premier cas on trouve des espèces telles que le Pêcher, l'Abricotier et le Cerisier acide.

L'Amandier, le Cerisier doux et quelques variétés de Prunier Européennes (comme la Reine Claude) se classent dans le second cas.

Il existe aussi des cas relativement rares chez l'Amandier où deux variétés ne peuvent pas se polliniser entre elles. Ceci se produit quand les deux variétés sont génétiquement très proches. Ces variétés sont dénommées variétés interstériles. C'est le cas des variétés soeurs NONPAREIL et I.X.L. Les variétés capables de se polliniser entre elles sont appelées variétés inter compatibles.

D. LA THEORIE DE L'INCOMPATIBILITE.

Les problèmes d'incompatibilité ont été étudiés pour la première fois en 1925 sur les plantes annuelles. En effet, EAST aborda les problèmes de l'autoincompatibilité et de l'interincompatibilité sur le tabac.

EAST et MANGELSDORF (1927) ont montré que sur *Nicotiana* le caractère "incompatibilité" a une ségrégation mendélienne et est conditionné par un certain nombre d'allèles. Le rythme de développement du tube pollinique dans les tissus du style est contrôlé par une série d'allèles multiples S_1, S_2, ... S_n. Dans une plante diploide il existe donc une paire de ces allèles qui se séparent en proportion égales au moment de la formation des gamètes. Dans le cas d'incompatibilité le gamétophyte mâle et le sprophyte femelle portent les mêmes facteurs.

Dans la pratique (en verger), nous rencontrons deux cas :

a) une variété où l'autopollinisation est impossible du fait de la présence de facteurs d'autoincompatibilité (mêmes allèles), la variété est autoincompatible (schéma a).

b) plusieurs variétés qui pour la même raison ne peuvent se polliniser les unes les autres : on a donc un groupe inter incompatible.

Si deux plantes portent un seul allèle commun telles que S_1 S_2 et S_1 S_3 (schéma b), le croisement de ces plantes donnera les descendances suivantes :

S_1 S_2 x S_1 S_3

S_1 S_3 incompatible avec le parent mâle mais compatible avec le parent femelle.

S_2 S_3 partiellement compatible avec les deux parents.

Dans les cas de compatibilité cités ci-dessus, il y a seulement 50 % des grains de pollen compatibles.

Il faut signaler qu'on ne peut rencontrer de génotype homozygote pour un allèle de la série tel que $S_1\ S_1$.

Dans le cas de deux variétés qui ne portent aucun allèle commun telles que $S_1\ S_2$ et $S_3\ S_4$, le croisement entre ces deux variétés donnera naissance à des individus toujours compatibles avec les deux parents de même qu'entre eux (schéma c).

$S_1\ S_2 \times S_3\ S_4$

$S_1\ S_3$

$S_1\ S_4$

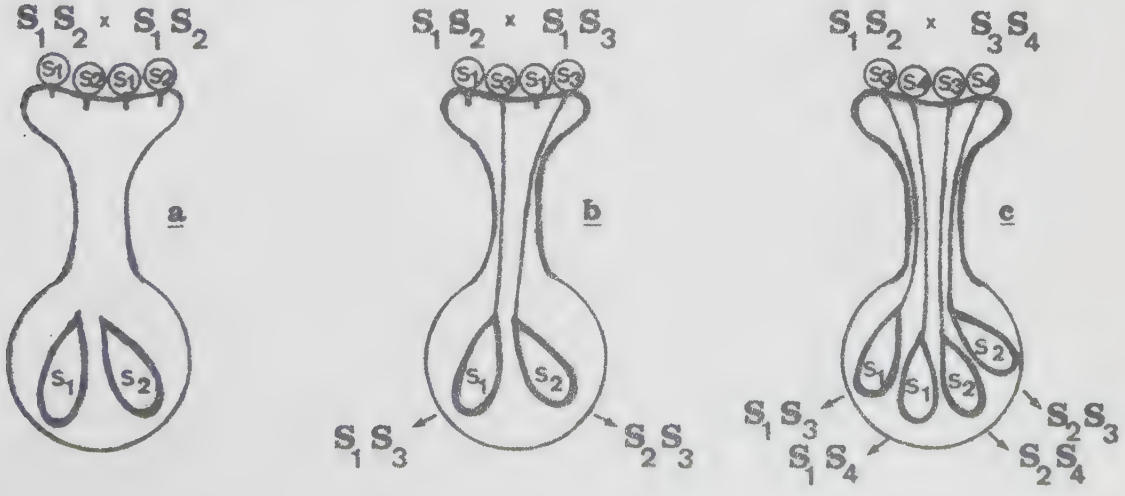
$S_2\ S_3$

$S_2\ S_4$

Dans ce croisement, le parent mâle $S_3\ S_4$ fournit des grains de pollen à 100 % compatibles. Par contre la compatibilité des grains de pollen des individus issus de ce croisement soit avec leurs parents soit entre eux est de l'ordre de 50 %.

CRANE et LAWRENCE (1929) expliquent par des schémas très simples les différents cas de compatibilité et d'incompatibilité.

Chez les variétés triploides de Pommier et de Poirier, la possibilité de la pollinisation devient plus difficile que chez les variétés diploides autostériles. Dans ce cas, en effet il existe trois allèles de stérilité comme $S_1\ S_2\ S_3$: les variétés diploides ayant des gènes de stérilités $S_1\ S_2$, $S_1\ S_3$, $S_2\ S_3$ ne peuvent donc pas féconder la variété triploide. Le problème de l'incompatibilité devient encore plus complexe chez les variétés tétraploides et hexaploides.



Jusqu'ici nous n'avons parlé que d'incompatibilité gamétophytique. Il existe d'autres cas d'incompatibilité :

Incompatibilité physiologique : due en principe, à un déséquilibre nutritif ou hormonal entraînant des anomalies au niveau des organes sexuels.

Incompatibilité sporophytique : certaines substances présentes dans la plante mère empêchent au niveau du stigmate la germination des grains de pollen et la croissance du tube pollinique vers l'ovule. Cette forme d'incompatibilité intervient donc même si les allèles ne sont pas communs chez le sporophyte femelle et le gamétophyte mâle.

On peut rapprocher de ces cas d'incompatibilité les cas de stérilité cytologique dûs à un déséquilibre chromosomique conduisant à la formation de gamètes inviables.

EN RESUME, nous pouvons adopter les conclusions des auteurs que nous avons cités pour ce qui est de l'origine de l'Amandier. L'Amandier cultivé est le résultat de croisements naturels entre les espèces sauvages : *P. Bucharica ; P. Fenzliana et P. Ulmifolia.* L'existence des types à fruits doux chez l'espèce *P. Fenzliana* est en faveur de cette théorie.

L'Amandier, par sa floraison précoce, est souvent affecté par des gelées tardives du printemps. La culture de cette espèce reste aléatoire dans les régions à influence océanique où les conditions climatiques favorisent une floraison plus précoce. Par contre sa production est plus régulière dans des régions plus continentales où les froids de fin d'hiver et de début du printemps freinent considérablement l'évolution des bourgeons floraux et par conséquent retardent le début de la floraison.

En raison de l'autoincompatibilité existant chez l'Amandier la pollinisation croisée est obligatoire. Le choix des variétés pollinisatrices à même époque de floraison que la variété à polliniser sera très important.

III. ETUDE HISTOLOGIQUE DU DEVELOPPEMENT DE L'EMBRYON EN RELATION AVEC L'EVOLUTION DE SA DORMANCE

A. Etude histologique du développement de l'embryon

La première description anatomique de l'ovule et de la graine des Rosacées et notamment des *Amygdalus et des Prunus* a été donnée par MALPIGHI en 1672 (cité par PECHOUTRE, 1902). D'après cet auteur, le sac embryonnaire de l'amygdalus est large dans la partie supérieure et se continue par un filament dans la région chalazienne.

DUTROCHET (1882) dans une étude spéciale sur la graine de *l'Amygdalus communis L.* a remarqué que la partie supérieure du sac embryonnaire se compose plus tard de plusieurs poches inégales et superposées qu'il appelle "hypostates". Après la fécondation, ces poches se remplissent avec le sac embryonnaire d'albumen ou "périsperme immédiat". Le sac embryonnaire est entouré par le nucelle qu'il nomme périsperme médiat ou "énéileme". Pour cet auteur, le sac embryonnaire contient deux ovules, l'un des deux avorte presque toujours.

Les études d'embryologie végétale chez les *Amygdalées* effectuées par TULASNE (1855) montrent qu'il existe un intervalle très long séparant l'époque de floraison de la maturité des fruits. En ce qui concerne *l'Amygdalus communis L.*, cet auteur constate que l'ovaire fécondé présente un accroîssement rapide alors que le développement de l'embryon est très lent.

BRAUN (1860) a abordé le problème de polyembryonie chez les *Pyrus, Malus, et Amygdalus communis*. Il a constaté que les deux ovules nés dans une même loge se soudent et conservent leur indépendance. L'oosphère de chacun des deux sacs embryonnaires peut être fécondé et donner naissance à un embryon.

En 1887, WENT étudiant la forme du sac embryonnaire des Rosacées a montré que chez *l'Amygdalus*, l'ovule est ovale et contient un sac embryonnaire très allongé avec des élargissements assez faibles aux deux extrémités, le noyau se trouvant dans la partie supérieure. Pour cet auteur, l'embryon après sa formation commence à se développer très lentement.

PECHOUTRE (1902) observe le développement de l'ovule et de la graine des Rosacées, il montre que chez l'espèce Amandier, deux sacs embryonnaires se développent au début mais un seul arrive à maturité. D'après cet auteur, l'ovule de l'Amandier est de type anatrope ; il est recouvert au-dessus par un obturateur se développant de très bonne heure. Après la fécondation, l'embryon et l'albumen s'accroîssent très lentement de telle sorte que dans une graine, qui par sa taille paraît voisine de la maturité, on n'observe qu'un embryon très petit occupé par les cellules de l'albumen.

APESSOS (1962) a remarqué que chez différentes variétés d'Amandier, c'est seulement vers le 26 juin que le nucelle et l'albumen tendent à être éliminés ; à ce moment, les cotylédons atteignent les 4/5 de leur développement. Aux environs du 3 juillet, les cotylédons occupent toute la cavité formée par l'endocarpe lignifié.

B. Etude de la dormance de l'embryon au cours de son développement.

Les travaux effectués jusqu'à présent sur la dormance de l'embryon ont montré qu'un embryon jeune donc immature pouvait avoir un comportement physiologique différent par rapport à celui d'un embryon adulte.

TUKEY (1938) travaillant sur les variétés précoces de Cerisier a montré que les embryons de ce type n'avaient pas de besoins en froid.

LAMMERTS (1942) après une étude du développement des plantes issues des embryons immatures par culture artificielle, signale que les embryons immatures de l'Abricotier ne sont pas dormants.

ZALENSKI (cité par COME, 1971) a signalé que les graines de seigle d'hiver, récoltées périodiquement au cours de leur maturation avaient une dormance moins forte que les graines mûres. Les mêmes observations ont été effectuées par GAVRIELIT et GELMOND (1952) sur les graines de *Lathyrus ochrus*.

KESTER et HESSE (1955) ont montré que les anomalies de croissance des semis de Pêcher provenant d'embryons immatures étaient dues à une embryogenèse incomplète. D'autres auteurs, ont recherché également une analogie entre les anomalies de croissance des semis et l'immaturité des embryons : DAVIDSON (1934) ; TUKEY (1938) ; LESLEY et BONNER (1952) ; BROOKS et HOUGH (1958).

Les anomalies de croissance des embryons immatures seraient semblables à celles des embryons mûrs mais non traités par le froid, FLEMION (1939) ; KESTER et KARLSON (1945).

BAJAI (1959) cité par COME (1970) a signalé que la faculté de germination des semences de Sorgho était en liaison étroite avec le degré de maturation.

Chez le Pêcher, ZAGAJA, HOUGH et BALLEY (1960) ont montré que les embryons immatures avaient des besoins de post-maturation semblables à ceux des embryons mûrs. Pour certains auteurs, la vigueur des plantes est en relation avec le degré de maturité de l'embryon. Pour cette raison, MODORAN et TEODORESCU (1961), travaillant sur différents stades de maturité des fruits ont signalé que le pourcentage le plus élevé de plantules vigoureuses était obtenu avec les graines récoltées à la maturité.

Chez *Fraxinus excelsion* la dormance de l'embryon s'installe peu à peu lors de son développement, JAHNEL et ZENTSCH (1961).

PAUNOVIC (1962) par une étude approfondie sur différentes espèces (Pommier, Prunier, Myrobolan et Pêcher), a montré qu'avant maturité, les graines immatures ne donnaient pas un bon pourcentage de germination sauf en culture d'embryon. Par contre, les graines provenant de fruits mûrs présentaient un pourcentage de germination plus élevé.

Chez le blé, l'inhibition de germination de l'embryon par l'albumen disparait progressivement au cours de la maturation du caryopse, AUBAC (1966).

MORGAN et BERRIE (1970) travaillant sur la dormance de l'avoine sauvage (*Avena Ludoviciana*) ont montré que les graines non mûres ne sont pas dormantes. La dormance des graines de *Avena Ludoviciana* dépend :

a) des réserves des substances promotrices présentes dans la graine ;

b) des processus qui se produisent au cours de la maturation du caryopse lesquels dépendent de l'état physiologique de la plante mère.

IV. ETUDE DE LA DORMANCE DES GRAINES

-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-

A. En fonction de la variété mère.

La dormance ou l'incapacité à la germination est un phénomène très complexe qui est contrôlé par l'embryon de la graine. D'après CHOUARD (1951) ; EVENARI (1961) ; COME (1967, 1968a) cette incapacité à la germination subsiste même si on supprime les facteurs responsables à la non germination comme les enveloppes séminales ou l'albumen.

La graine après sa maturité morphologique peut présenter une incapacité à la germination. Cette dormance embryonnaire est désignée sous le nom de *dormance primaire* car elle existait dès que la semence est morphologiquement mûre COME (1970). Dans certains cas, des conditions non favorables à la germination induisent à la graine apte à germer une incapacité de germination. Dans ce cas on parle de *dormance induite ou dormance secondaire* CHOUARD (1951) ; COME (1970).

Pour provoquer la germination chez les graines dormantes, il est indispensable de leur faire subir une exposition de post-maturation dans des conditions définies (chaleur, froid ... etc...). Chez les Rosacées, le traitement des graines par le froid humide supprime la dormance embryonnaire. Ce traitement est appelé "stratification" par les horticulteurs, il consiste à disposer les graines en couches successives dans de la terre ou du sable humide et à les exposer aux intempéries hivernales. Actuellement, on réalise la stratification dans des chambres frigorifiques.

Le traitement des graines par le froid, non seulement supprime la dormance embryonnaire, mais encore provoque une modification du métabolisme de la plantule. Les graines non stratifiées ne sont pas capables de germer ; dans le cas d'un traitement insuffisant, les plantules montrent toujours des anomalies physiologiques dues au manque de froid. Le froid est en effet un facteur essentiel pour la suppression de la dormance embryonnaire. Pour DAVID et GUERINDON (1951), le froid apparaît comme un traitement de choix, pour accroître les propriétés germinatives des graines de Pin maritime.

La dormance embryonnaire suivant les espèces peut porter sur les différentes parties de la graine. Chez divers *Lilium*, BARTON (1933), et des *Viburnum*, GIERSBACH (1937), c'est seulement l'épicotyle qui est dormant. Par contre, chez d'autres espèces telles que *Convalaria majalis et Smilacina racemosa*, la radicule et l'épicotyle sont dormants, BARTON 1944-1965) cité par COME (1970).

B. En fonction du pollinisateur.

Chez les plantes autogames comme le Pêcher, l'Abricotier Européen etc..., les besoins en froid des embryons de chaque variété sont presque constants. Par contre, chez les plantes allogames, les exigences en froid d'une population d'embryons obtenus dans ces conditions seront influencées par la nature génétique du pollen.

ABRAMOV (1945-1955), étudiant l'influrence de la nature du pollen sur le nombre de jours nécessaires pour la germination des graines de Pommier, variété ANTONOVKA, a montré que les graines de cette variété peuvent germer en 72 jours quand la variété pollinisatrice est une variété sauvage sibérienne. Par contre, si le pollinisateur est la variété ANIS, les graines issues de ce croisement nécessitent 103 jours de stratification dans les mêmes conditions.

SCHANDER (1956) ; DECOURTY (1967) ont observé l'influence exercée par la provenance du pollen sur les exigences en froid des embryons de Pommier.

KERSTER (1969) a étudié l'influence du pollen sur les besoins en froid des embryons de quelques variétés d'Amandier. Cet auteur a constaté que la nature du pollen joue un rôle essentiel sur les exigences en froid des graines et que le parent femelle n'exerce qu'une influence négligeable.

V. ETUDE DE LA DORMANCE DES BOURGEONS VEGETATIFS

Les bourgeons végétatifs se forment à l'aisselle des feuilles au fur et à mesure que la pousse continue sa croissance. Après un certain temps, la croissance de la pousse diminue et plus tard s'arrête. Cependant, au cours de cette période, une activité d'organogenèse apparaît : les ébauches de fleurs se différencient. Ces activités ne sont pas accompagnées de l'élongation cellulaire, ces deux phénomènes semblent antagonistes, LUIPPOLD et HABER (1960) ; MONET et BASTARD (1968, 1969).

L'inaptitude au débourrement des bourgeons à bois après la chute des feuilles en automne montre que certaines activités sont freinées et que l'ensemble de l'arbre est entré dans une phase inactive. Suivant les espèces et leur origine, cette phase peut présenter des caractéristiques variétales. L'intensité de cette période inactive, bien différente à l'intérieur même d'une espèce, peut être appréciée par des méthodes classiques. POUGET (1963) ; NIGON (1967) chez la vigne ; MONET et BASTARD (1969) chez le Pêcher ont étudié le débourrement sur des rameaux placés en chambre climatisée. En effet, l'isolement des rameaux et des bourgeons ne modifie pas leur état de dormance. Il supprime en outre les inhibitions de corrélation.

Chez les espèces allogames tous les bourgeons ne peuvent pas présenter une potentialité de débourrement semblable en raison de leur hétérozygotie. Ce phénomène a été étudié par BIDABE (1963-1967) sur les bourgeons à bois du Pommier. Cet auteur a montré que l'action du froid sur les rameaux de Pommier est qualitative.

Nous avons vu jusqu'ici les travaux effectués sur la dormance des plantes ligneuses et annuelles. En ce qui concerne l'espèce Amandier, les études réalisées, peu nombreuses et incomplètes ne permettent pas de progresser dans la connaissance de la physiologie de cette espèce ; progrès qui seraient nécessaires pour établir sur des bases solides les programmes d'amélioration actuels.

De ce fait, nous avons entrepris l'étude d'un ensemble de problèmes associés à la dormance chez l'Amandier. Ce travail comporte :

a) l'étude détaillée de l'embryogenèse et de la dormance embryonnaire

b) l'étude de l'influence exercée par la variété mère et la variété pollinisatrice sur les exigences en froid des embryons

c) enfin, l'observation du comportement des bourgeons végétatifs vis-à-vis de leur besoin en froid en fonction de l'époque de floraison de la variété mère et les relations possibles existant entre ces caractères.

PREMIERE PARTIE

ETUDE HISTOLOGIQUE DU DEVELOPPEMENT DE L'EMBRYON EN RELATION AVEC L'EVOLUTION DE SA DORMANCE

Nous avons réalisé l'étude histologique du développement de l'embryon chez deux variétés d'Amandier d'époques de floraison différentes. Depuis le début de formation de l'embryon jusqu'à la maturité de la graine, les différents stades d'organogenèse ont été observés sur chacune d'elles.

Parallèlement à cette étude, nous avons recherché l'existence d'une dormance embryonnaire et son évolution au cours de la formation de la graine.

o o

o

CHAPITRE I

ETUDE HISTOLOGIQUE

DU DEVELOPPEMENT DE L'EMBRYON

Le développement de l'embryon des Rosacées est connu par les travaux de PECHOUTRE (1902). Il n'y a cependant aucune étude complète réalisée sur l'Amandier. Dans ce chapitre, nous nous proposons de combler cette lacune et de suivre en détail la formation et l'évolution de la graine de l'Amandier.

1. MATERIEL VEGETAL UTILISE

Les variétés d'Amandier utilisées pour nos études étaient âgées de 7 à 8 ans. Elles figuraient dans une collection située dans le domaine expérimental de l'I.N.R.A. à Manduel, près de Nîmes.

Nous avons choisi deux variétés, d'époques de floraison différentes, l'une précoce et l'autre tardive, afin de comparer les phénomènes concernant l'évolution de l'embryon après la fécondation chez deux variétés ayant des rythmes de développement différents. Ces variétés sont les suivantes :

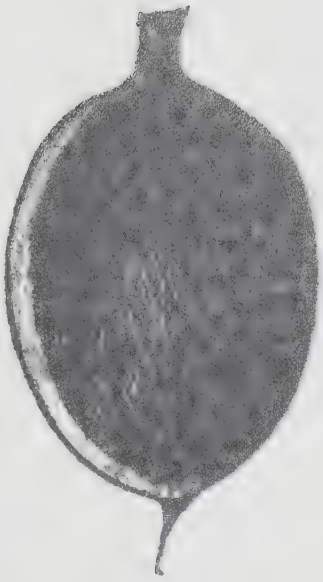
NEC PLUS ULTRA : variété Californienne à floraison précoce (elle fleurit généralement aux environs de la première semaine du mois de Mars). Cette variété a une époque de maturité (1) normale.

TEXAS : variété Californienne à floraison tardive (aux environs du 15 Mars). Cette variété a aussi une époque de maturité très tardive.

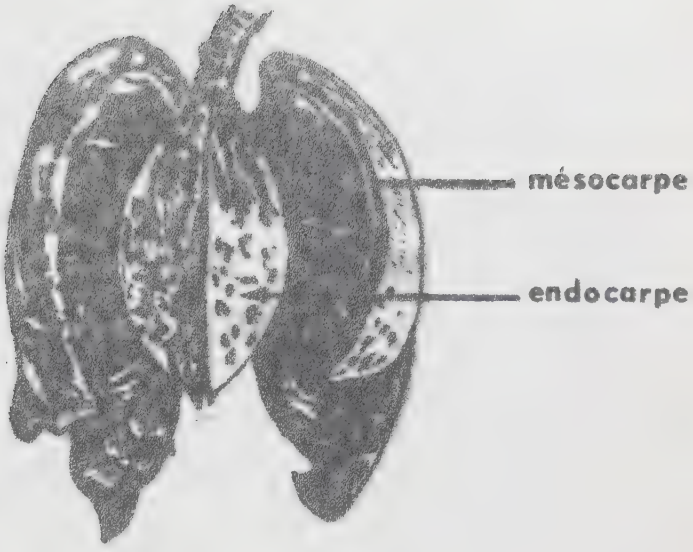
La variété TEXAS fleurit, en général, une dizaine de jours après la variété NEC PLUS ULTRA. La différence qui existe entre la date de floraison de ces variétés est presque constante. Mais une baisse de température au moment de la floraison peut retarder de quelques jours l'évolution de l'ouverture des bourgeons floraux. Ce retard sera plus accentué chez les variétés précoces qui sont plus sensibles aux fluctuations de la température.

---

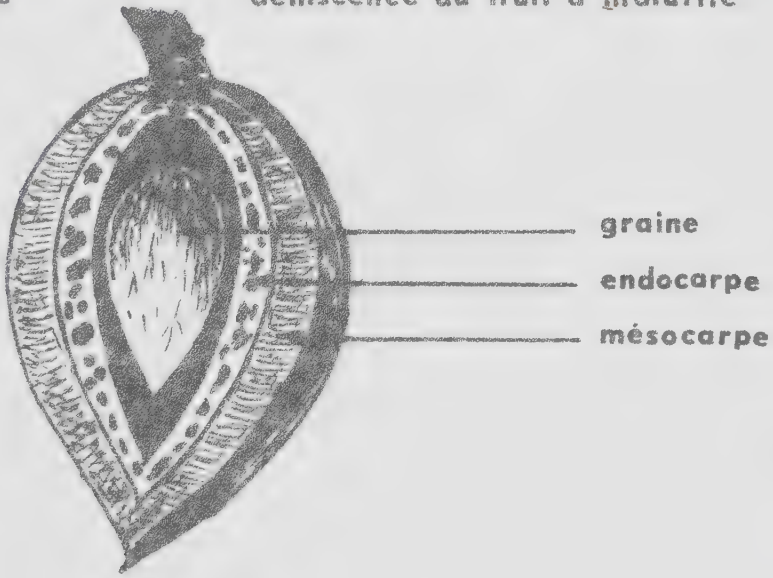
(1) à maturité, la coque verte (ensemble de l'épicarpe et du mésocarpe) s'ouvre et laisse voir la coque dure (endocarpe).



fruit avant maturité



déhiscence du fruit à maturité



coupe longitudinale d'une drupe

Prunus amygdalus communis

amande

graine (amandon)

Fig. 3

II. METHODE D'ETUDE

A partir du mois de Mai, soit 60 et 50 jours après la pleine floraison (1) de ces deux variétés, nous avons prélevé toutes les semaines quelques fruits au hasard sur chacune des variétés.

Les jeunes graines après avoir été débarrassées de leur coque verte (ensemble de l'épicarpe et du mésocarpe) et de la coque dure (endocarpe), quand cette dernière est sclérifiée, sont fixées dans un mélange d'alcool éthylique, d'aldéhyde formique et d'acide acétique (mélange dit F.A.A.).

Après inclusion dans la paraffine, les coupes sont réalisées au microtome et colorées par la technique de BRACHET.

III. RESUSLTATS

L'espèce Amandier possède dans l'ovaire deux ovules, mais généralement un seul arrive à maturité. Ce phénomène a été bien étudié par DUTROCHET (1882) sur *l'Amygdalus communis*. BRAUN (1860) a observé chez *Pyrus et Malus* ainsi que chez *Amygdalus communis*, que les deux ovules sont formés dans une même loge et conservent après, leur indépendance. Nous avons observé chez quelques variétés d'Amandier l'existence d'un ovule bien différencié et quelquefois deux ovules dans une loge. La plupart du temps, un seul embryon continue son évolution normale et par la suite arrive à maturité, PECHOUTRE (1902). Dans le cas où l'ovaire contient deux ovules, leur fécondation peut donner naissance à deux embryons tout à fait indépendants.

Ce phénomène peut expliquer la formation des amandons (2) doubles que l'on retrouve chez certaines variétés dans un nombre assez important d'amandes.

---

(1) Nous avons adopté pour désigner la "pleine floraison" le stade conventionnel, utilisé pour les observations phénologiques, correspondant à 50 % des fleurs ouvertes sur l'arbre.

(2) La graine entourée par ses téguments.

Des observations de la fleur faites avant la floraison nous ont permis de montrer que *l'Amygdalus communis* possède un ovule orthotrope et non anatrope comme le décrit PECHOUTRE (1902), voir Figure 4.

Peu de temps après la fécondation, alors que nous ne constatons pas chez l'embryon des divisions cellulaires nombreuses, nous observons un grossissement très important de l'ovaire. Ce grossissement résulte de la division rapide des cellules de l'albumen qui seront par la suite digérées par l'embryon.

Le sac embryonnaire, chez les deux variétés, est large dans la partie supérieure où se trouve l'embryon. La largeur diminue vers la région chalazienne.

L'organogenèse de l'embryon se fait très lentement ; cinquante jours après la floraison (environ au 2 Mai chez la variété TEXAS) l'embryon est très petit : début stade globuleux. Son diamètre n'est que de 110 microns. On peut cependant voir facilement le suspenseur qui est constitué dans sa largeur maximum par deux séries de cellules (Fig. 5 A)

En ce qui concerne la variété NEC PLUS ULTRA (à époque de floraison moyenne), on constate au même moment un développement assez considérable de l'embryon par rapport à celui de la variété TEXAS. Le diamètre de l'embryon est de l'ordre de 200 microns, le suspenseur est plus allongé avec cinq rangées de cellules dans le sens de la largeur (Fig. 5 B).

Il est nécessaire de préciser que les descriptions données correspondent, pour les deux variétés, à des stades moyens. Le hasard des prélèvements fait que sur la même variété on trouve des fruits provenant des fleurs n'ayant pas été toutes fécondées le même jour. Pour chaque variété, la floraison s'étale en effet sur 8 à 10 jours et certains embryons peuvent donc être plus âgés que d'autres.

Dans une graine prélevée au début du mois de Mai, qui est en voie de développement, on peut distinguer de l'intérieur vers l'extérieur les différentes parties suivantes :

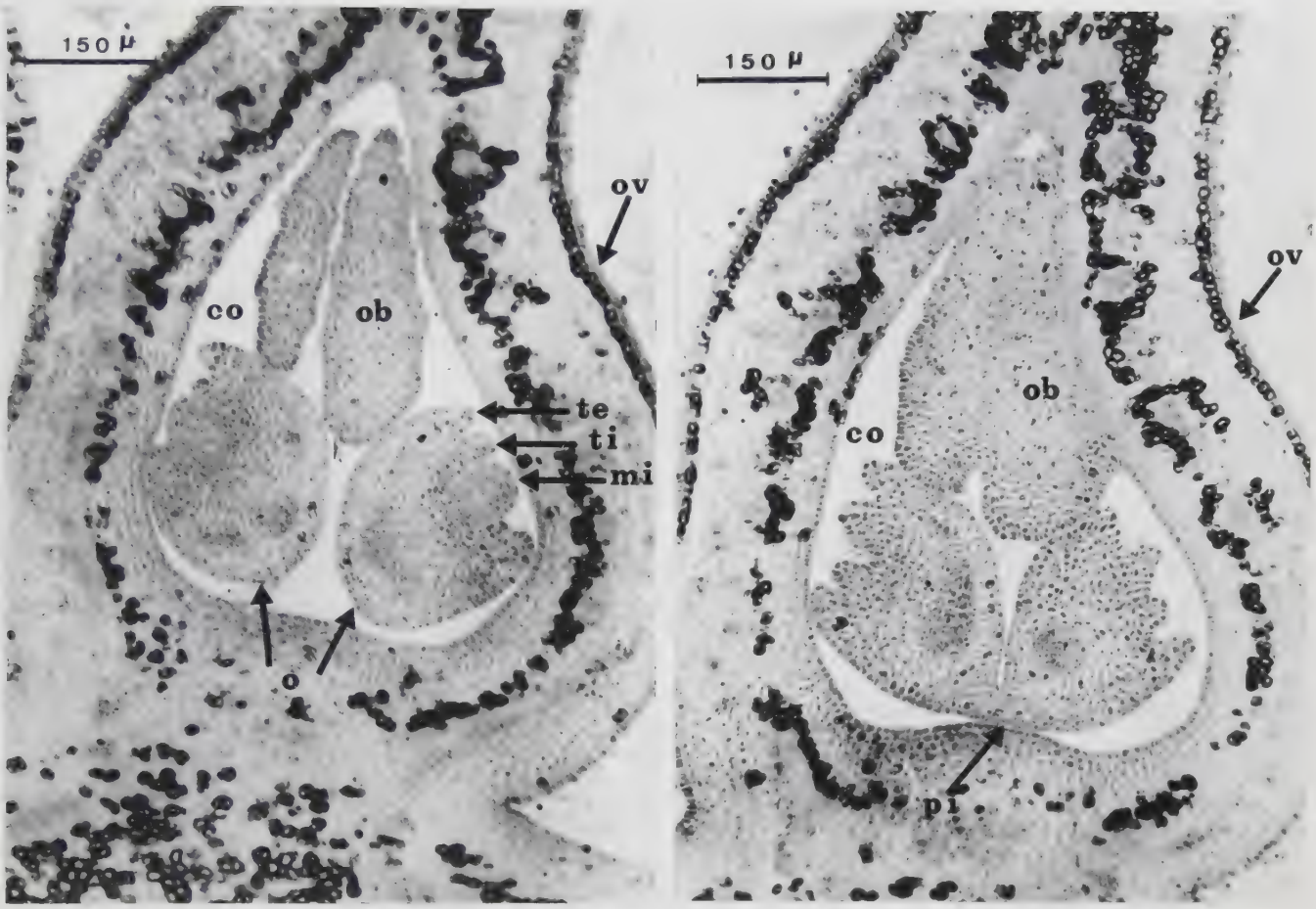
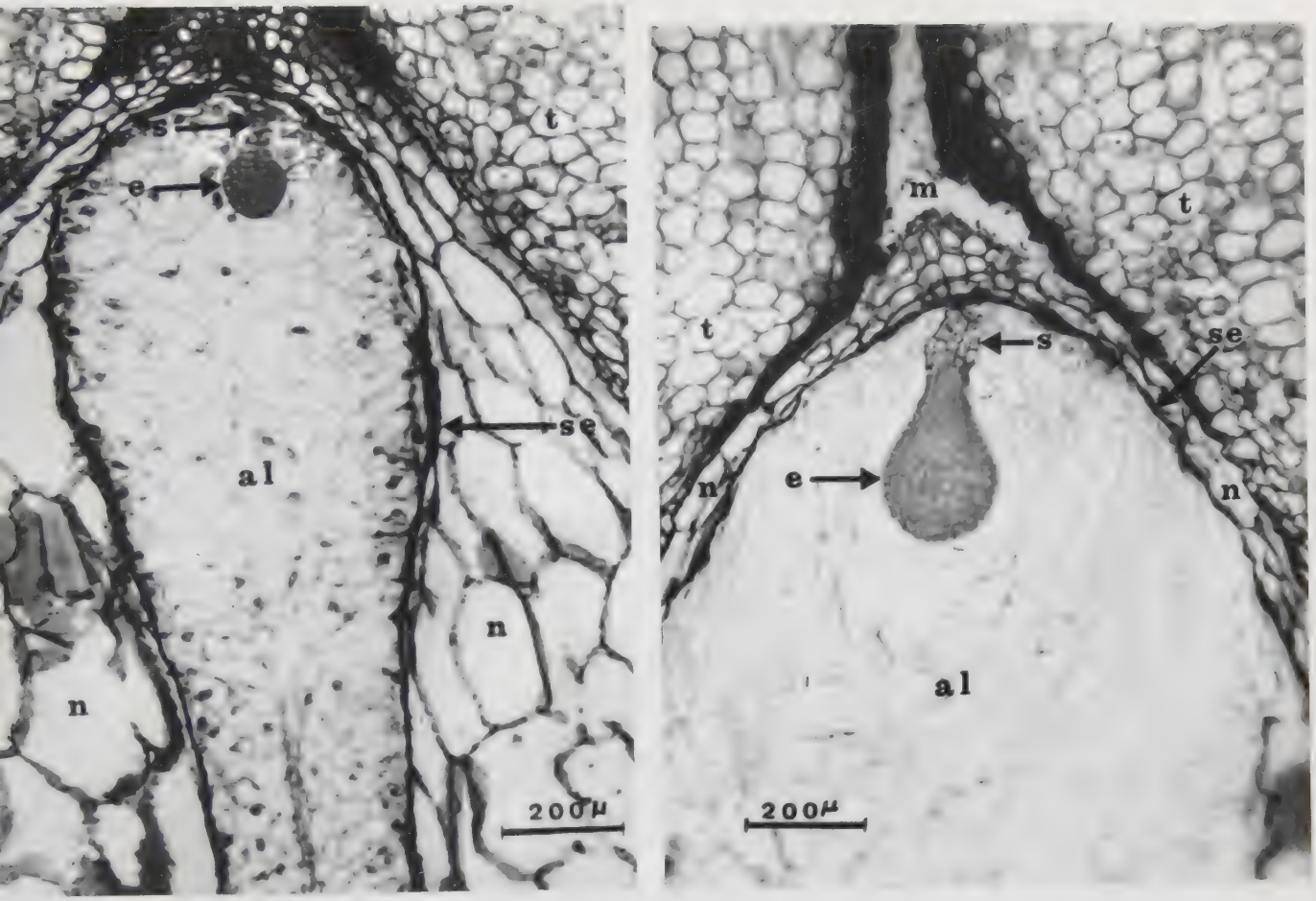


Fig. 4 - Coupes longitudinales de l'ovaire de la variété NEC PLUS ULTRA prélevés deux mois avant la floraison.

abréviations :

o = ovules
t.ex = téguments externes
t.in = téguments internes
ob = obturateur
mi = micropyle
p.i = point d'insertion
c.o = cavité ovarienne
ov = ovaire



A

Variété TEXAS

B

Variété NEC PLUS ULTRA

Fig. 5 - Coupes longitudinales des embryons des variétés TEXAS et NEC PLUS ULTRA prélevés 50 et 60 jours après la pleine floraison.

abréviations :

e = embryon
s = suspenseur
al = albumen
n = nucelle
s.e = sac embryonnaire
t = téguments
m = micropyle

a) l'albumen qui entoure l'embryon et tapisse le sac embryonnaire.

b) le nucelle qui entoure le sac embryonnaire et qui sert à son développement.

c) les téguments séminaux.

Après le stade globuleux, le développement s'accélère. L'initiation des cotylédons commence, on assiste à la disparition du suspenseur. La radicule aussi se développe considérablement par des multiplications cellulaires intenses.

La tigelle est très petite avec son apex bien marqué qui commence à former les premiers primordia foliaires.

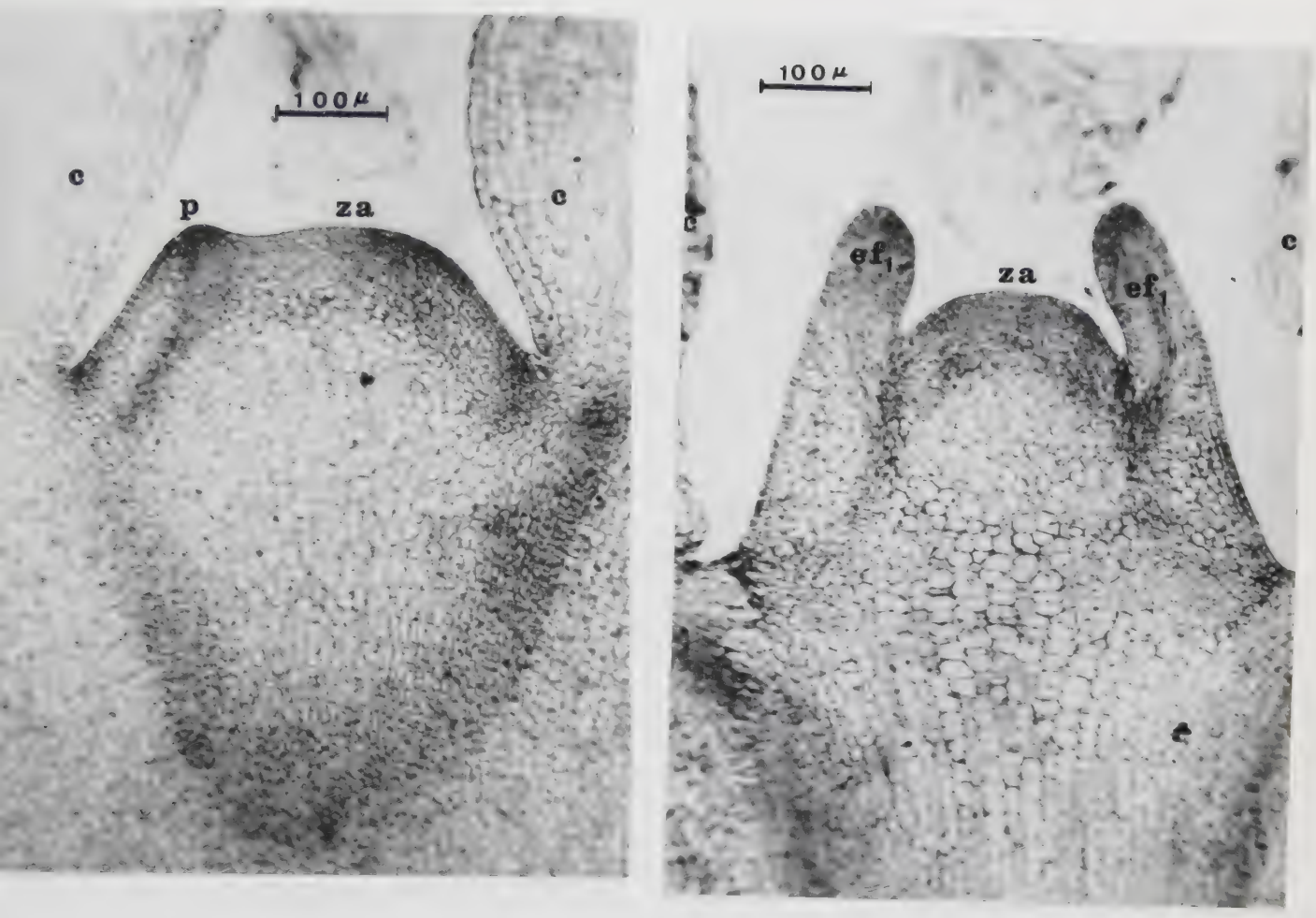
En comparant l'activité d'organogenèse chez les deux variétés étudiées, on peut constater, lors des premiers stades, une différence importante entre la longueur de l'embryon et l'état d'avancement de l'initiation des primordia foliaires.

Chez la variété TEXAS (tardive), c'est seulement à partir du 25 Mai, soit 73 jours après la pleine floraison que la première feuille se forme (Fig. 6A). A la même date, chez la variété NEC PLUS ULTRA (précoce), il existe déjà des ébauches de feuilles bien formées et la tigelle est plus grande (Fig. 6B).

Au fur et à mesure que l'on avance vers la maturité de la graine, on constate que la gemmule grandit en formant plusieurs feuilles embryonnaires et que l'embryon évolue vers sa structure définitive.

Sur une graine récoltée environ un mois avant maturité, on trouve la structure d'un embryon complet. Plusieurs primordia foliaires sont formés (leur nombre varie de 14 à 16). Ils ont déjà atteint la dimension presque définitive qu'ils auront dans la graine au moment de la récolte.

Il apparaît ainsi que l'embryon de l'Amandier, au moment de la récolte, a une structure très élaborée (Figues 7 à 10).



A

Variété TEXAS

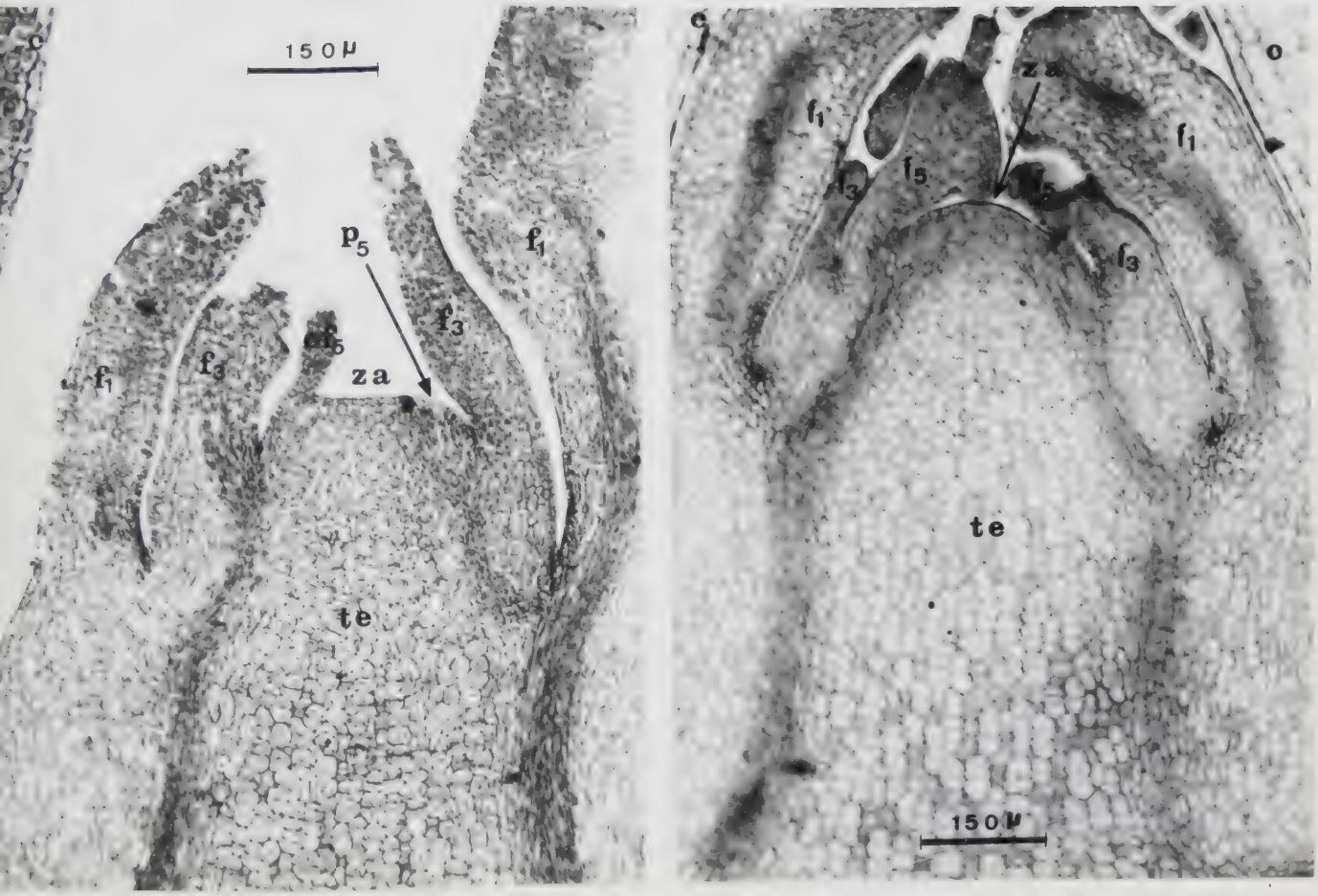
B

Variété NEC PLUS ULTRA

Fig. 6 - Coupes longitudinales des embryons des variétés TEXAS et NEC PLUS ULTRA prélevés 73 et 83 jours après la pleine floraison.

abréviations :

c = cotylédons
z.a = zone apicale
$e.f_1$ = ébauches foliaires de rang 1
p = primordium foliaire



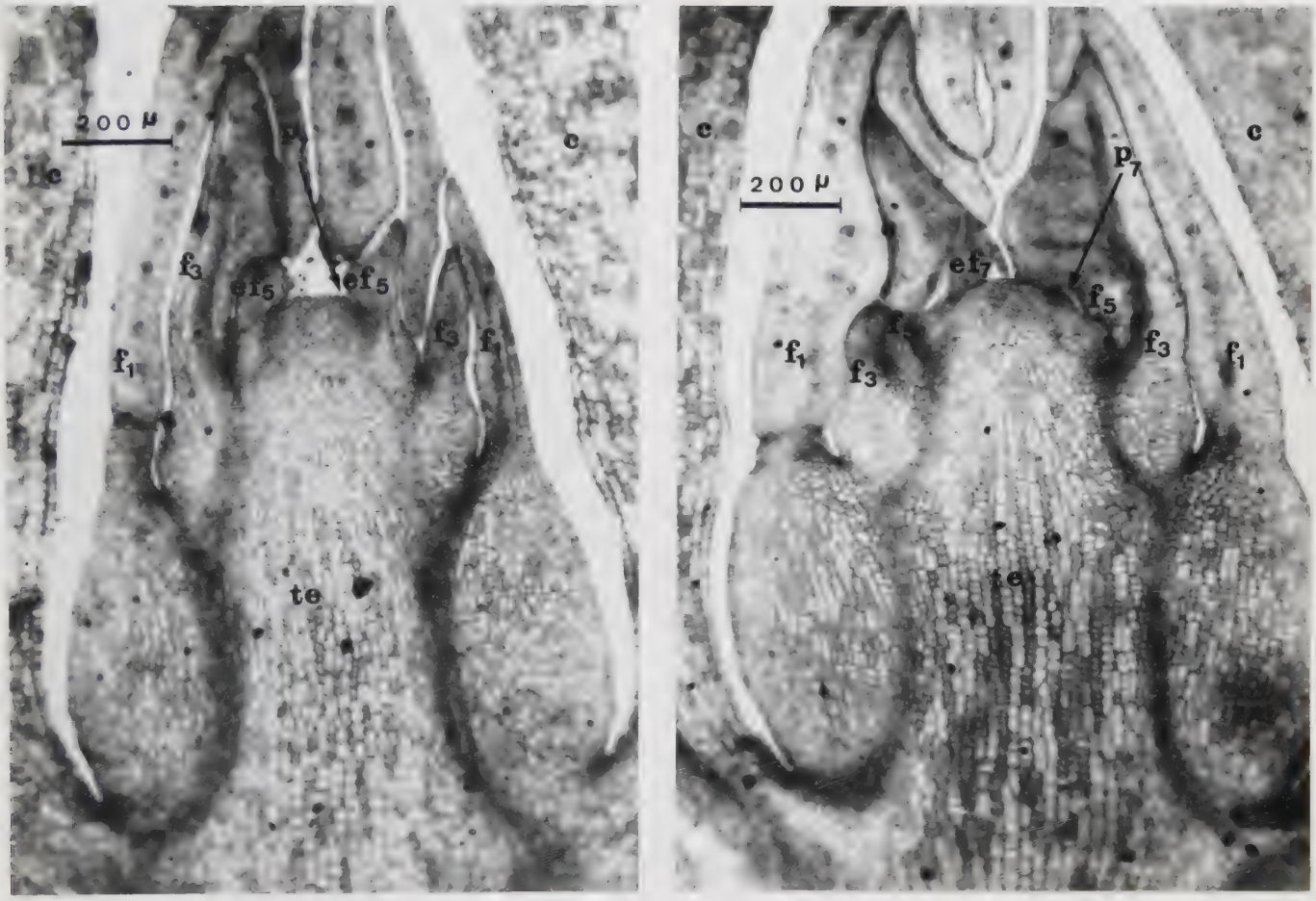
Variété TEXAS

Variété NEC PLUS ULTRA

Fig. 7 - Coupes longitudinales des embryons des variétés TEXAS et NEC PLUS ULTRA prélevés 81 et 91 jours après la pleine floraison.

abréviations :

z.a = zone apicale
t.e = tigelle embryonnaire
f_1 = feuilles de rang 1
f_3 = feuilles de rang 3
$e.f_5$ = ébauche foliaire de rang 5



Variété TEXAS

Variété NEC PLUS ULTRA

Fig. 8 - Coupes longitudinales des embryons des variétés TEXAS et NEC PLUS ULTRA prélevés 100 et 110 jours après la pleine floraison.

abréviations :

- c = cotylédons
- f_1 = feuilles de rang 1
- f_3 = feuilles de rang 3
- f_5 = feuilles de rang 5
- p_7 = surrection de primordium foliaire de rang 7
- z.a = zone apicale
- t.e = tigelle embryonnaire

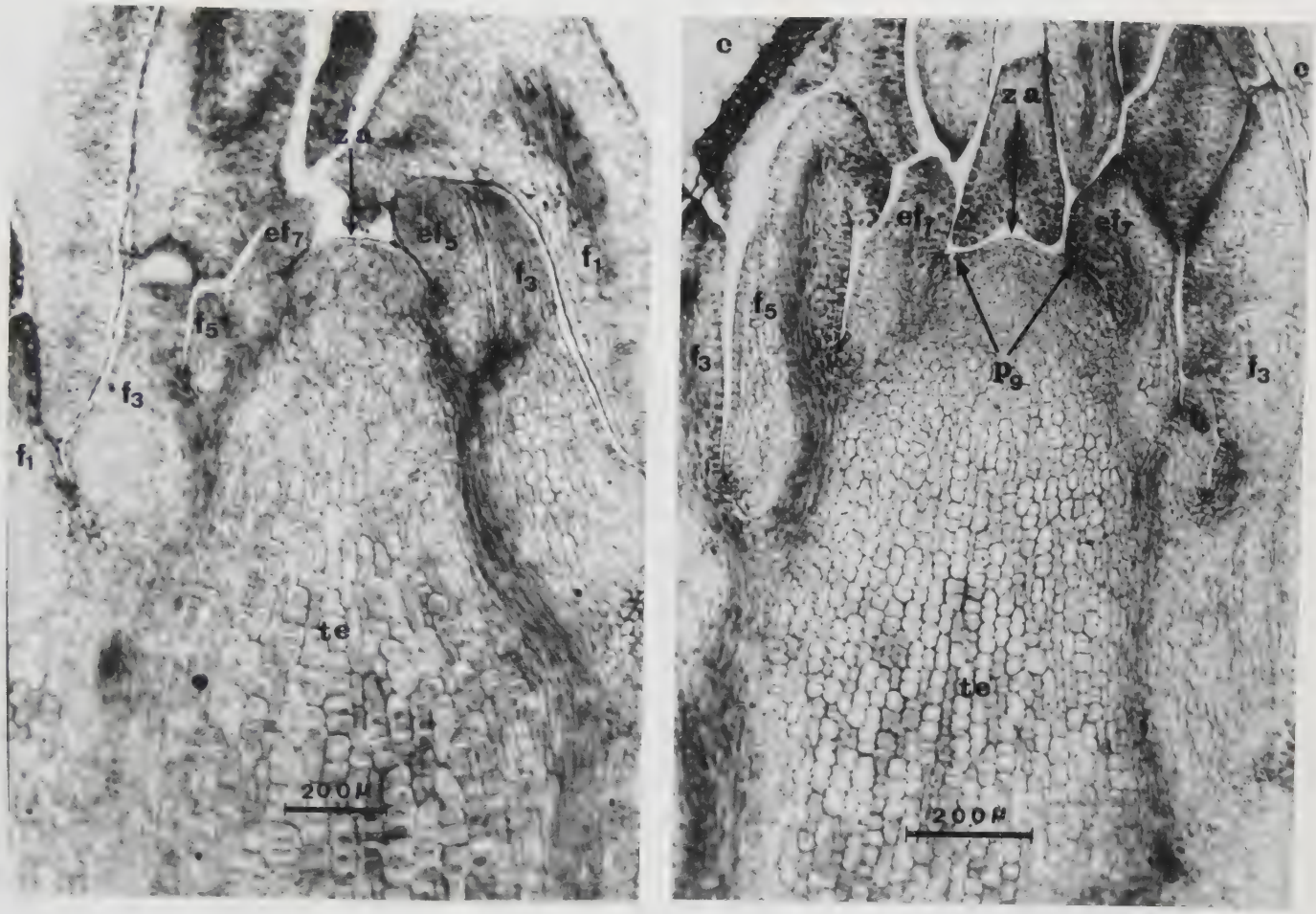
après 73 jours

après 142 jours

Fig. 9 - Coupes longitudinales des racines embryonnaires de la variété TEXAS prélevées 73 et 142 jours après la pleine floraison.

abréviations :

c.c = cylindre central
z.c = zone corticale
c.q = centre quiescent
co.e = coiffe embryonnaire



Variété TEXAS

Variété NEC PLUS ULTRA

Fig. 10 - Coupes longitudinales des embryons des variétés TEXAS et NEC PLUS ULTRA prélevés 149 et 159 jours après la pleine floraison.

abréviations :

z.a = zone apicale
t.e = tigelle embryonnaire
f_1 = feuilles de rang 1
f_3 = feuilles de rang 3
f_5 = feuilles de rang 5
$e.f_7$ = ébauches foliaires de rang 7

EN RESUME :

Chez l'Amandier, la fécondation est suivie d'un grossissement de l'ovaire avec constitution de l'albumen nourricier.

L'activité organogène de l'embryon est lente au cours de cette période. Lorsque l'albumen est constitué, l'embryon commence à se différencier, il devient globuleux puis forme ses cotylédons. L'apex fonctionne et va donner des primordia foliaires dont le nombre varie de 14 à 16.

Les variétés à floraison précoce présentent, au moins dans les premiers stades de la formation de l'embryon, une avance sur les variétés à floraison tardive. Mais cette avance s'estompe par la suite de telle sorte qu'à maturité du fruit, il est impossible de distinguer morphologiquement les deux types d'embryon.

CHAPITRE II

ETUDE DE LA DORMANCE DE L'EMBRYON AU COURS DE SON DEVELOPPEMENT

Dans le chapitre précédent, nous avons étudié les différents stades d'organogenèse chez les embryons de deux variétés d'Amandier à époques de floraison différentes.

Les travaux effectués jusqu'à présent sur le comportement des embryons jeunes, immatures ont montré que les embryons prélevés avant maturité présentent des caractéristiques physiologiques différentes par rapport à celles des embryons adultes, TUKEY (1938) ; LAMMERTS (1942) ; ZALENSKI (1961). Pour cette raison, nous nous sommes intéressés à l'étude des phénomènes concernant l'état physiologique des embryons depuis le début de leur formation jusqu'à leur maturité.

Dans ce chapitre, nous abordons l'étude de la dormance de la graine depuis les premiers stades de l'organogenèse embryonnaire jusqu'à la maturité de la graine.

I. METHODE D'ETUDE

Cette étude a été réalisée avec les mêmes variétés que nous avions utilisées pour l'étude de l'évolution de l'embryon.

A partir de l'initiation des cotylédons (environ 66 et 77 jours après la pleine floraison des variétés TEXAS et NEC PLUS ULTRA) jusqu'à la maturité de la graine, nous avons récolté, toutes les semaines une vingtaine de fruits au hasard sur chacune de ces variétés.

Etant donné que les premiers prélèvements correspondaient à des embryons très jeunes, peu développés, il était impossible d'assurer leur croissance normale surtout après avoir éliminé le reste de l'albumen. Dans ces conditions, la technique de culture d'embryon sur milieu gélosé nous paraissait le seul moyen qui permette la bonne réalisation de notre étude.

La technique est la suivante :

Les jeunes graines après avoir été débarrassées de leur coque verte sont désinfectées pendant 15 minutes dans une solution à 8 % d'hypochlorite de calcium. Ensuite les embryons sont soigneusement débarrassés de leurs téguments, du reste de l'albumen, et placés asptiquement sur milieu gélosé dans des flacons dits de kola.

Le milieu de culture est constitué des macro-éléments de KNOP (solution diluée de moitié) et des micro-éléments d'HELLER. A ce milieu, nous avons ajouté 20 grammes par litre de saccharose et 8 grammes par litre de gélose.

Les flacons contenant le milieu nutritif sont stérilisés à 110° C pendant une demi-heure (technique utilisée par MONET et BASTARD pour la culture d'embryons du Pêcher).

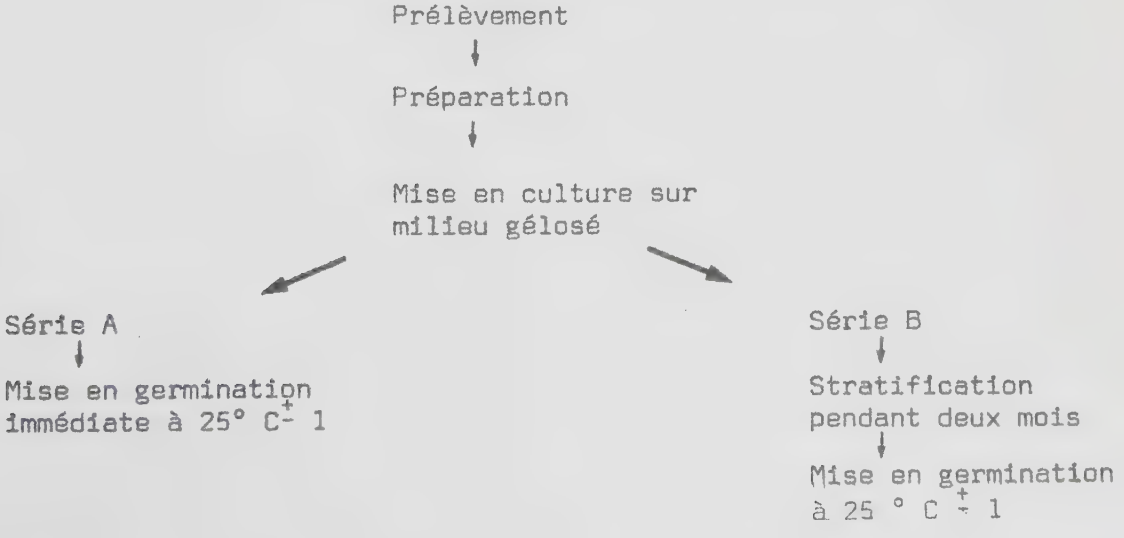
Les embryons ainsi mis en culture sont partagés en deux séries :

1) la série A est destinée à l'étude de la possibilité de germination immédiate des embryons (sans aucun traitement préalable par le froid). Pour cette étude, ces derniers sont placés dans une chambre chaude à 25° C $\pm$ 1 avec un éclairement de 16 heures par jour, lumière artificielle de 13 000 lux, degré hygrométrique de 80 à 90 %.

2) la série B subit au préalable un traitement par le froid à 4° C $\pm$ 1 pendant deux mois. Nous avons constaté par une étude préliminaire que cette exposition au froid est suffisante pour lever complètement la dormance des embryons de ces deux variétés. Après ce séjour en chambre froide, les embryons sont placés dans les conditions favorables à la germination dans les mêmes conditions que ceux de la série A.

Les observations sont faites soit à la sortie de la chambre froide (fin de traitement par le froid) sur la racine et la tige, soit au cours de la germination.

SCHEMA D'ETUDE DE LA DORMANCE DES EMBRYONS



Nous avons mesuré à la fin de chaque semaine, pendant cinq semaines à partir de la mise en germination, la longueur de la tige et de la racine principale à l'aide d'une règle millimètrique appliquée sur la paroi du flacon. Dans le cas où cette mesure était impossible à pratiquer par suite de la croissance sinueuse de la racine, nous avons suivi avec une ficelle la forme de la racine, puis mesuré la longueur de cette ficelle. Cette méthode d'observation bien qu'imprécise reste cependant le seul moyen pratique qui permette de suivre le développement de la racine et de la tige toujours conservées stériles.

II. RESULTATS

Nous avons entrepris cette étude au cours des années 1970 et 1971 avec deux variétés :

TEXAS à époque de floraison tardive.

NEC PLUS ULTRA à époque de floraison précoce.

En 1970, les observations ont porté sur les prélèvements donnés dans le tableau I.

La dimension de l'embryon prélevé au premier Juin est d'environ le cinquième de celle d'un embryon à maturité. Les cotylédons sont entr'ouverts et portent à leur extrémité ainsi qu'en leur milieu l'albumen qui a une consistance assez dure. Chez la variété TEXAS (tardive) les cotylédons sont plus petits que ceux de la variété NEC PLUS ULTRA (préooce).

COMPORTEMENT DES EMBRYONS AU COURS DE L'EXPERIENCE

A. CAS DES EMBRYONS NON TRAITES PAR LE FROID

Les embryons de deux variétés, sans aucun traitement par le froid, placés immédiatement dans des conditions de germination favorables se sont comportés de la manière suivante :

TABLEAU I

Dates de prélèvement des échantillons et nombre de jours écoulés pour chaque variété entre la pleine floraison et le prélèvement.

Dates de prélèvement	Nombre de jours depuis la pleine floraison	
	Variété NEC PLUS ULTRA	Variété TEXAS
1 Juin	77	61
8 Juin	84	74
15 Juin	91	81
22 Juin	98	88
29 Juin	105	95
7 Juillet	113	103
13 Juillet	119	109
20 Juillet	126	116
27 Juillet	133	123
3 Août	140	130
11 Août	148	138
17 Août	154	144
24 Août	161	151
7 Septembre	174	164
15 Septembre	182	172
21 Septembre	graine récoltée	178
28 Septembre	graine récoltée	185

Après environ unedizaine de jours à 25° C, on remarque l'apparition de chlorophylle sur les cotylédons, surtout sur le cotylédon supérieur exposé à la lumière. Peu à peu, les cotylédons deviennent volumineux et vers la cinquième semaine, leur taille a pratiquement doublé par rapport à leur taille initiale. Parallèlement à ces modifications, les cotylédons s'écartent l'un de l'autre et laissent apparaître l'axe épicotylée qui mesure quelques millimètres. On peut distinguer la présence de très petites feuilles filiformes, serrées les unes contre les autres, formant une rosette. L'aspect de celle-ci nous renseigne sur l'intensité de la dormance. Une rosette à entre noeuds courts traduit une dormance profonde, alors qu'une rosette plus évoluée indique une dormance moins intense. La radicule n'est pas non plus capable de croître et ne manifeste qu'une très faible activité.

B. CAS DES EMBRYONS TRAITES PAR LE FROID

Les embryons récoltés à la même date (1er juin), traités par le froid pendant deux mois à 4° C ± 1 et placés dans les mêmes conditions de germination présentent une activité de croissance très importante. La formation de la chlorophylle sur les cotylédons est semblable à celle des embryons non traités par le froid. A partir de la deuxième semaine, il y a une croissance très nette de la tige et de la racine. Nous ne constatons aucune anomalie au niveau de la tige. Les feuilles sont bien formées et les entre noeuds sont tout à fait normaux. La radicule montre également une croissance importante et son développement est plus avancé que celui de la tige chez les deux variétés.

Bien que ces plantules aient une croissance normale, leur tige et leur racine sont particulièrement grêles, filiformes comme le seraient des plantes insuffisamment alimentées.

A la fin de la cinquième semaine, la moyenne de la longueur de la tige des embryons germés atteint environ 5 millimètres chez la variété NEC PLUS ULTRA et 2,5 millimètres chez la variété TEXAS. Par contre, la longueur moyenne de la racine est de l'ordre de 12,5 et 9,5 millimètres pour les graines ayant subi le traitement au froid (tableau 2).

Les embryons correspondant au prélèvement effectué une semaine plus tard, c'est-à-dire le 8 Juin, présentent après deux mois de traitement par le froid, un comportement analogue à ceux prélevés le premier Juin (Fig. 11). Nous avons remarqué cependant une certaine amélioration en ce qui concerne le développement de la tige et de la racine pour chacune des deux variétés. Au contraire, par la méthode de mise en germination immédiate, la croissance de la tige et de la racine ne diffère pas considérablement de celle du prélèvement précédent (tableau 3).

Dans les figures (12a) et 12b), nous avons présenté la croissance de la tige et de la racine des variétés TEXAS et NEC PLUS ULTRA concernant l'influence d'un traitement préalable (stratification) sur les embryons prélevés au premier Juin.

Les figures (13a) et (13b) montrent le même effet pour les embryons prélevés une semaine plus tard (8 Juin).

L'étude effectuée sur les prélèvements après le 8 Juin et jusqu'à la maturité a toujours montré qu'après le traitement par le froid les plantules montrent une croissance plus importante de la tige et de la racine et que la vigueur des jeunes plantes devient notable (Fig. 14 et 15). Il nous semble que, plus l'embryon complète sa structure, plus il devient capable de former une tige et une racine aptes à une bonne croissance. Ceci montre bien qu'il existe une relation étroite entre l'âge des embryons de l'Amandier, la vitesse de croissance de la tige et de la racine et la vigueur des plantes issues de ces embryons. TUKEY (1945) travaillant sur les embryons non traités par le froid de plusieurs variétés de Pêcher et de Cerisier a fait la même constatation. REMY (1961) a fait une étude semblable à celle de TUKEY et a confirmé ses observations. D'après ce dernier auteur, plus l'embryon est jeune, plus il présente des anomalies morphologiques (tige épaisse, feuilles déformées).

Nous avons signalé précédemment que les embryons prélevés au début du mois de Juin, après avoir été traités par le froid, donnaient naissance à des plantules tout à fait normales. Mais comme nous l'avons décrit plus haut, ces plantules étaient moins vigoureuses et leur vigueur augmentait au fur et à mesure qu'on avançait vers une structure complète de l'embryon, autrement dit, vers sa maturité morphologique. Nous pensons que ce phénomène est dû à une insuffisance en matières de réserves dans les cotylédons, en voie de développement. Puisque les cotylédons, chez un embryon entièrement développé, jouent un rôle très important pour la croissance et les équilibres physiologiques de la plantule aux premiers stades de germination, il est logique de penser qu'une déficience en matières de réserves dans les cotylédons se répercute sur le métabolisme de la jeune plante. On peut dire que la croissance ultérieure de la jeune plantule est en relation étroite avec l'état d'évolution de l'embryon comme le montrent les figures 16a et 16 b pour la variété NEC PLUS ULTRA et 17a et 17b pour la variété TEXAS.

TABLEAU 2

Croissance de la tige et de la racine des embryons de la variété TEXAS avec et sans traitement par le froid (x).

Prélèvement du 1er Juin 1970

	Après deux mois de traitement par le froid						Sans traitement préalable par le froid					
	Semaines d'observation					Nombre de graines germées (sur 10)	Semaines d'observation					Nombre de graines germées (sur 10)
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Longueur de racine en mm.	4,5	5,5	6,0	7,5	9,5	10	0	2,0	2,5	4,5	5,5	10
Longueur de tige en mm.	0	1,0	1,5	2,0	2,5		0	1,0	1,0	1,5	2,0	

Prélèvement du 8 Juin 1970

	Après deux mois de traitement par le froid						Sans traitement préalable par le froid					
	Semaines d'observation					Nombre de graines germées (sur 10)	Semaines d'observation					Nombre de graines germées (sur 10)
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Longueur de racine en mm.	1,0	8,0	8,5	11,0	11,5	10	1,0	2,0	3,5	4,0	5,0	10
Longueur de tige en mm.	0	1,5	4,0	5,0	7,5		0	0	1,0	1,0	1,5	

(x) - Les nombres donnés dans les tableaux correspondent aux longueurs moyennes en millimètres des jeunes plantes à la fin de chaque semaine.

Croissance de la tige et de la racine des embryons de la variété NEC PLUS ULTRA avec et sans traitement par le froid (x).

Prélèvement du 1er Juin 1970

	Après deux mois de traitement par le froid						Sans traitement préalable par le froid					
	Semaines d'observation					Nombre de graines germées (sur 10)	Semaines d'observation					Nombre de graines germées (sur 10)
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Longueur de racine en mm.	6,0	7,5	8,5	12,5	12,5	9	0	1,5	3,0	4,5	6,0	9
Longueur de tige en mm.	0	1,5	4,0	4,5	5,0		0	0,5	1,0	2,0	2,5	

Prélèvement du 8 Juin 1970

	Après deux mois de traitement par le froid						Sans traitement préalable par le froid					
	Semaines d'observation					Nombre de graines germées (sur 10)	Semaines d'observation					Nombre de graines germées (sur 10)
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Longueur de racine en mm.	9,0	11,0	21,0	25,0	26,0	10	1,0	2,0	3,5	4,5	5,5	10
Longueur de tige en mm.	0	7,5	10,0	11,0	13,5		0	0,5	1,5	1,5	2,0	

(x) - Les nombres donnés dans les tableaux correspondent aux longueurs moyennes en millimètres des jeunes plantes à la fin de chaque semaine.

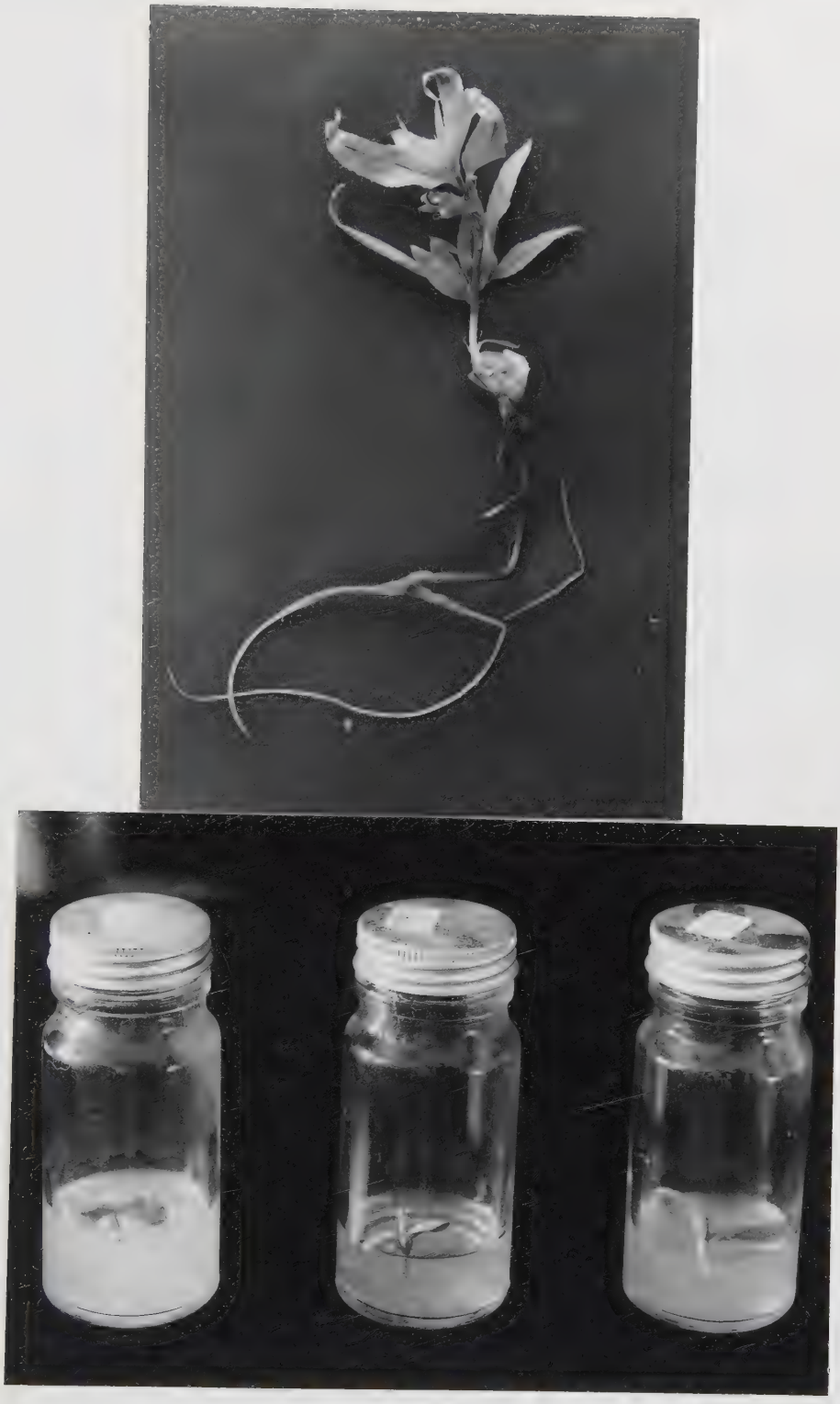


Fig. 11 - Effet du traitement par le froid sur la germination des embryons immatures.

En haut : germination normale d'un embryon prélevé le 8 Juin après deux mois de traitement par le froid.

En bas : embryons prélevés à la même date mais non traités par le froid.

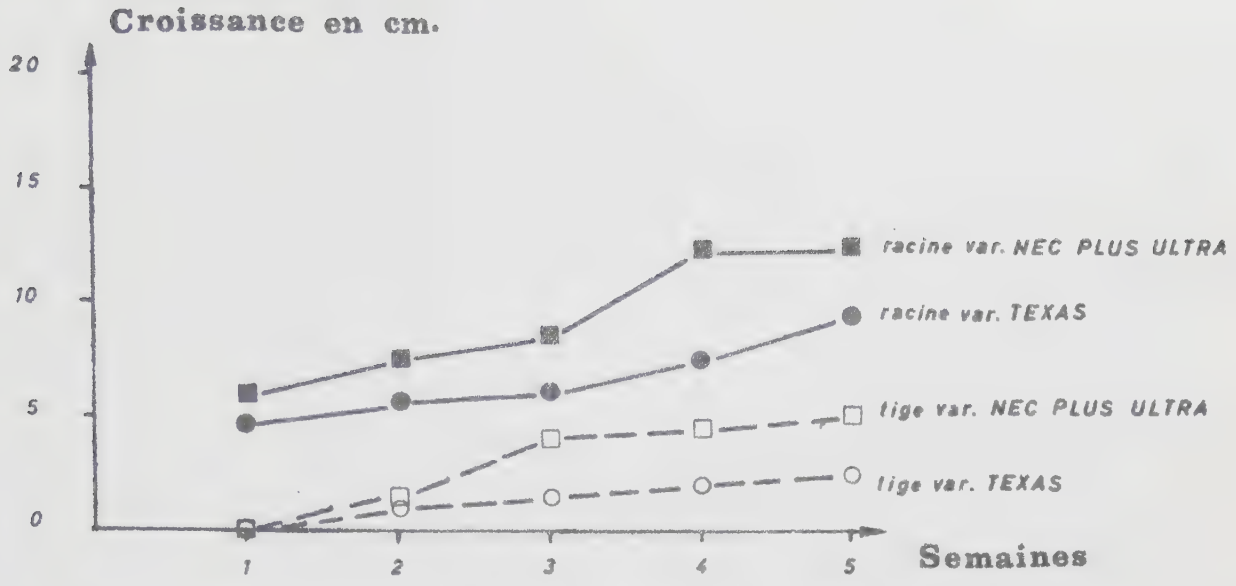


Fig.12a - Croissance de la tige et de la racine des embryons des variétés **TEXAS** et **NEC PLUS ULTRA** prélevés le 1 juin, après 60 jours de traitement par le froid (4±1°C).

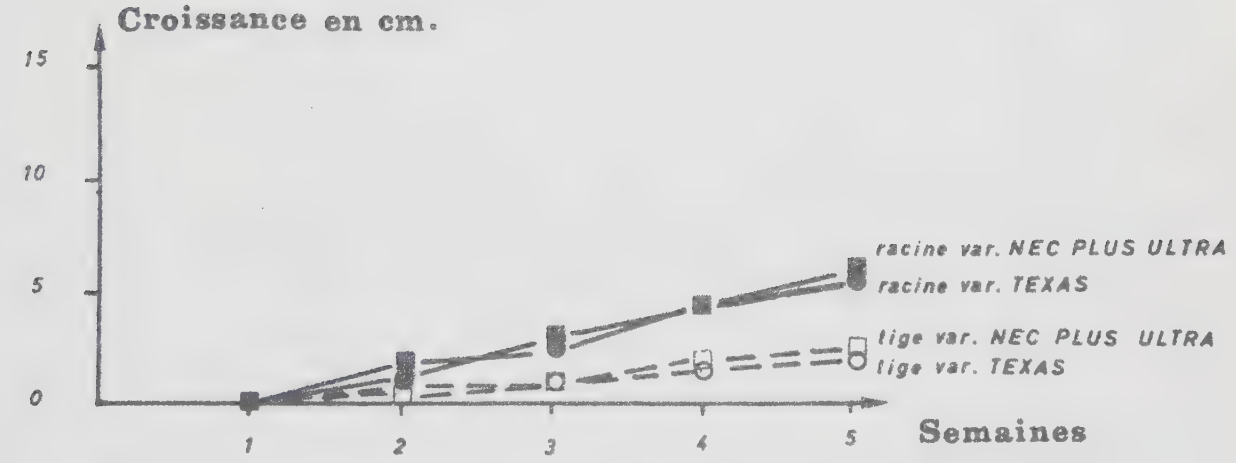


Fig.12b - Croissance de la tige et de la racine des embryons des variétés **TEXAS** et **NEC PLUS ULTRA** prélevés le 1 juin, sans traitement préalable par le froid.

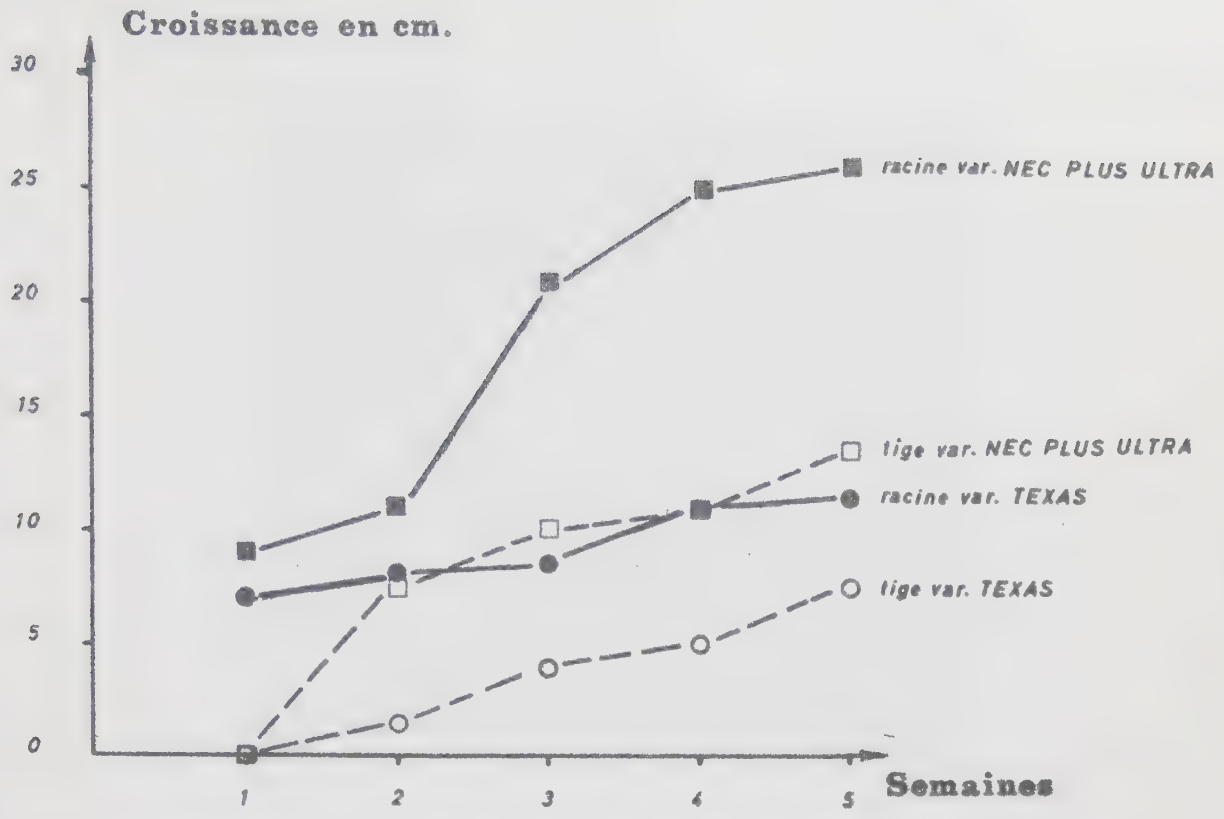


Fig.13a. Croissance de la tige et de la racine des embryons des variétés TEXAS et NEC PLUS ULTRA prélevés le 8 juin après 60 jours de traitement par le froid (4 ±1°C).

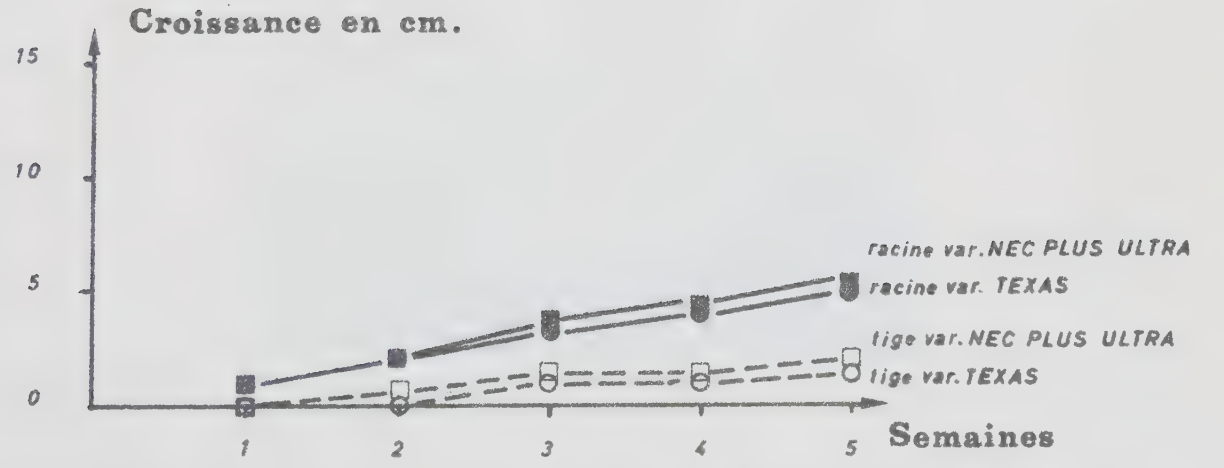


Fig.13b. Croissance de la tige et de la racine des embryons des variétés TEXAS et NEC PLUS ULTRA prélevés le 8 juin sans aucun traitement préalable par le froid.

Fig. 14 - Effet de traitement par le froid sur la germination des embryons immatures.

En haut : germination normale des embryons prélevés le 21 Juin après deux mois de traitement par le froid.

En bas : embryon prélevé à la même date mais non traité par le froid.

On constate que l'embryon non traité par le froid n'est pas capable de croître en raison de la rosette formée à l'extrémité de la tige.

Fig. 15 - Effet de traitement par le froid sur la germination des embryons immatures.

En haut : germination normale des embryons prélevés le 9 Septembre après deux mois de traitement par le froid.

En bas et au milieu : embryons prélevés à la même date, non traités par le froid, présentant des anomalies physiologiques.

En 1971, nous avons repris notre étude afin de vérifier les observations de l'année 1970.

Dans le tableau 4, nous avons porté les prélèvements effectués aux différents stades du développement de l'embryon jusqu'à la maturité.

La comparaison des taux de germination des embryons traités et non traités par le froid est donnée dans le tableau 5.

Au cours de l'année 1971, nous avons fait les mêmes constatations sur la possibilité de germination des embryons immatures après traitement préalable par le froid dans les mêmes conditions qu'en 1970.

EN RESUME :

L'étude de la dormances des embryons, prélevés à différents stades de leur évolution de 8 semaines après la fécondation jusqu'à la maturité, montre l'existence d'une dormance embryonnaire précoce. L'intensité de cette dormance ainsi que la vigueur des plantes augmente au fur et à mesure que l'embryon complète sa structure et avance vers la maturité morphologique.

REMARQUE

A partir du 22 Juin, les cotylédons sont complètement formés et il n'existe aucune trace de l'albumen. Ceci a été observé à la même date sur les deux variétés.

Les embryons récoltés même aux différents stades d'évolution montrent une germination tout à fait normale après un traitement préalable par le froid. Par contre, les embryons non traités par le froid ne présentent aucune activité. Quelques embryons germés dans certains prélèvements s'arrêtent de croître et donnent naissance à des plantules anormales.

Les anomalies physiologiques qu'elles manifestent : tiges épaisses, feuilles déformées et enroulées les unes contre les autres, traduisent une incapacité à la croissance.

Ces deux variétés, qui sont différentes par leur époque de floraison (10 jours d'écart environ), donnent naissance à des embryons ayant un comportement physiologique semblable.

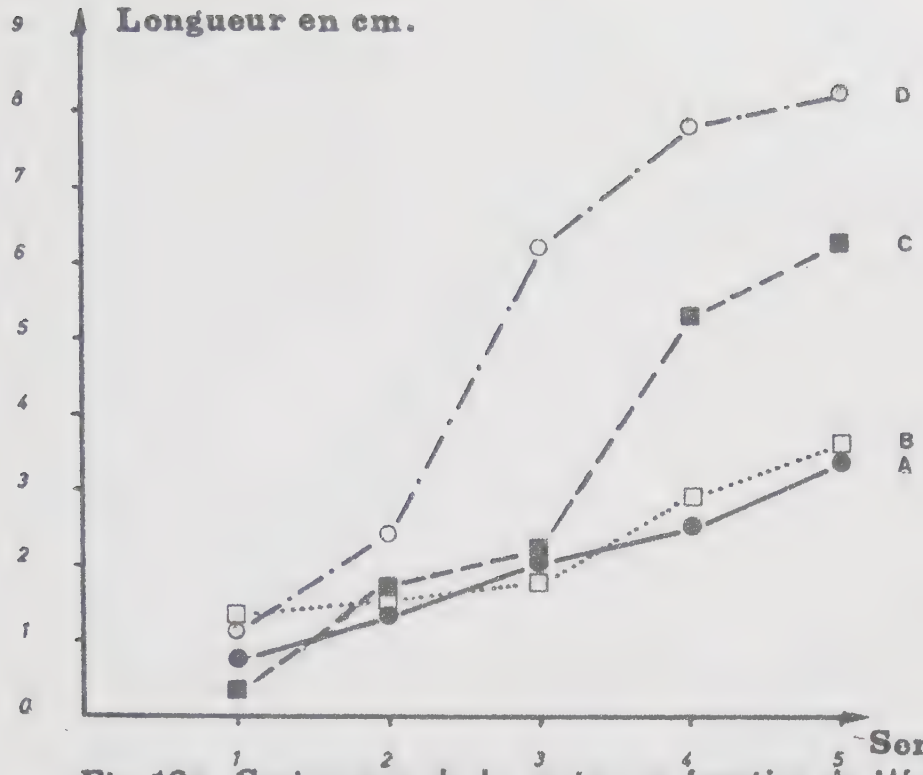


Fig.16a. Croissance de la racine en fonction de l'époque de prélèvement des embryons de la variété **NEC PLUS ULTRA** (après deux mois de traitement par le froid).

Embryons prélevés A: 98 jours après la pleine floraison.
B:113 „ „ „ „ „
C:126 „ „ „ „ „
D:140 „ „ „ „ „

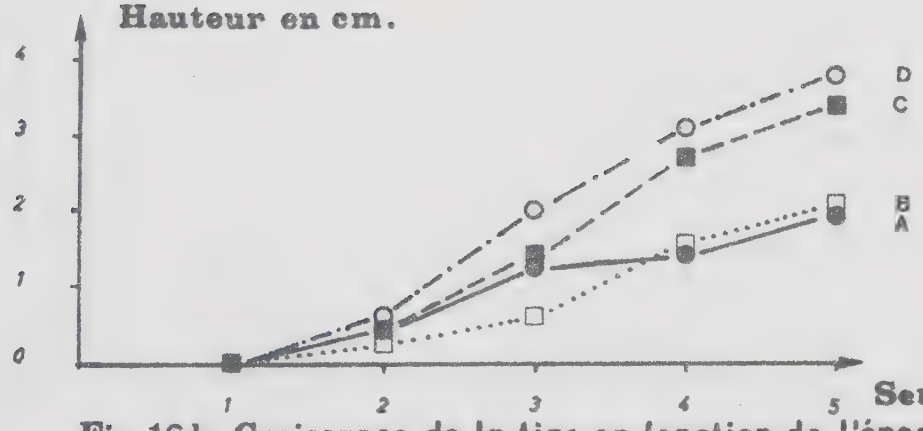


Fig.16b. Croissance de la tige en fonction de l'époque de prélèvement des embryons de la variété **NEC PLUS ULTRA** (après deux mois de traitement par le froid).

Embryons prélevés A: 98 jours après la pleine floraison.
B:113 „ „ „ „ „
C:126 „ „ „ „ „
D:140 „ „ „ „ „

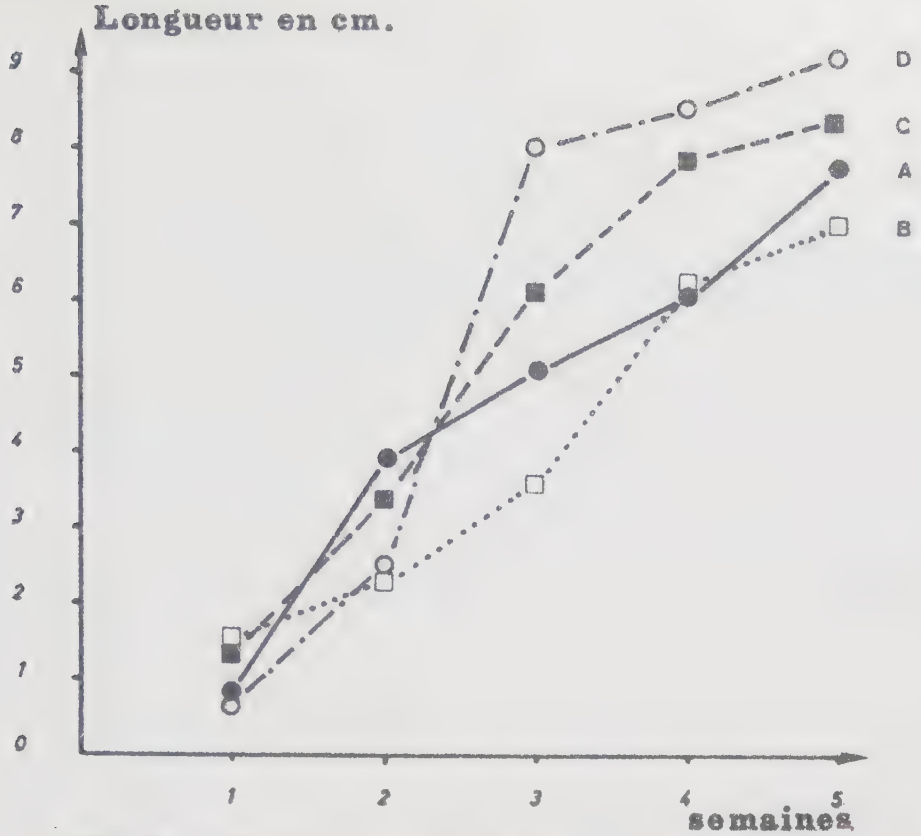


Fig.17a - Croissance de la racine en fonction de l'époque de prélèvement des embryons de la variété TEXAS (après deux mois de traitement par le froid).
Embryons prélevés A: 88 jours après la pleine floraison.
B: 103 „ „ „ „ „
C: 116 „ „ „ „ „
D: 130 „ „ „ „ „

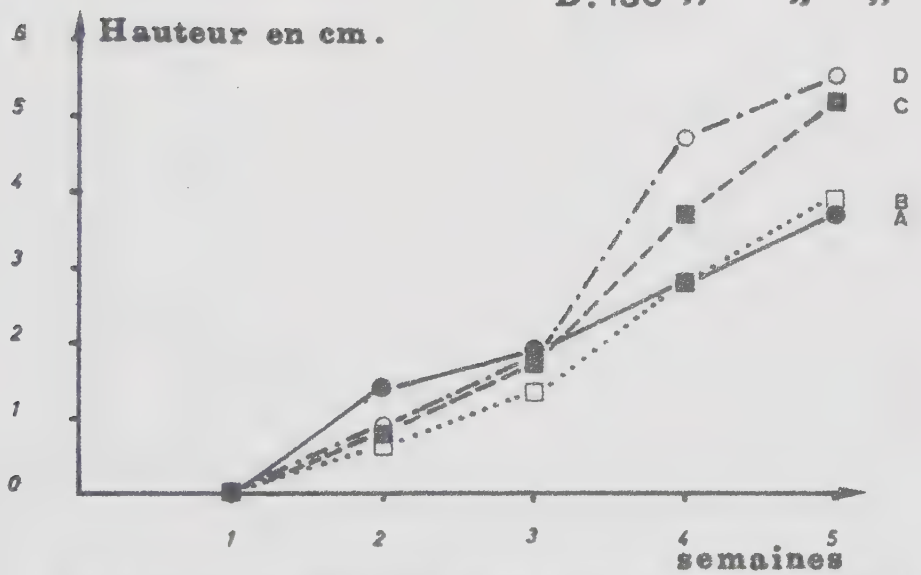


Fig.17b - Croissance de la tige en fonction de l'époque de prélèvement des embryons de la variété TEXAS (après deux mois de traitement par le froid).
Embryons prélevés A: 88 jours après la pleine floraison.
B: 103 „ „ „ „ „
C: 116 „ „ „ „ „
D: 130 „ „ „ „ „

TABLEAU 4

Date de prélèvement des échantillons et nombre de jours écoulés pour chaque variété entre la pleine floraison et le prélèvement.

Date de prélèvement	Nombre de jours depuis la pleine floraison	
	Var. NEC PLUS ULTRA	Var. TEXAS
25 Mai	69	59
2 Juin	77	67
8 Juin	83	73
21 Juin	96	86
2 Juillet	107	97
19 Juillet	124	114
27 Juillet	136	124
2 Août	142	132
9 Août	149	139
17 Août	157	147
23 Août	163	153
30 Août	170	160
6 Septembre	177	167
13 Septembre	184	174
20 Septembre	graine récoltée	181
27 Septembre	" "	188
3 Octobre	" "	194

TABLEAU 5

Effet du traitement par le froid sur la germination des embryons prélevés à des âges différents au cours de l'année 1971.

Date des prélèvements	Nombre d'embryons germés sur 10			
	Var. TEXAS		Var. NEC PLUS ULTRA	
	traité par le froid	témoin (+)	traité par le froid	témoin (+)
25 Mai	7	0	8	0
2 Juin	8	0	8	0
8 Juin	8	0	8	0
21 Juin	10	3 (++)	10	4 (++)
2 Juillet	10	0	10	0
19 Juillet	10	0	10	0
27 Juillet	10	0	9	3 (++)
2 Août	9	2 (++)	10	0
9 Août	10	0	10	0
17 Août	10	0	10	1 (++)
23 Août	10	0	9	0
30 Août	9	1 (++)	10	0
6 Septembre	10	0	10	0
13 Septembre	10	0	10	0
20 Septembre	graine récoltée		10	0
27 Septembre	" "		10	0
3 Octobre	" "		10	0

(+) - Les témoins ont été placés directement (sans aucun traitement préalable par le froid) dans les conditions favorables à la germination.

(++) - Quelques embryons germés, dans certains prélèvements, ont montré un aspect de rosette.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

Chez l'Amandier, après la pollinisation et la fécondation, l'oeuf après avoir subi les premières divisions diminue son activité mitotique pendant la formation de l'albumen. On assiste ensuite à une reprise d'activité organogène très importante qui se maintiendra jusqu'à la réalisation de la structure définitive de l'embryon.

La variété TEXAS bien qu'ayant une époque de floraison tardive et par conséquent une fécondation retardée vis-à-vis de la variété NEC PLUS ULTRA, arrive à mûrir ses embryons en même temps que la variété précoce.

L'étude de la dormance des embryons montre que celle-ci existe dès les premiers stades de l'organogenèse. Le traitement des embryons par le froid à 4° C $\pm$ 1 supprime entièrement cette dormance. Mais les plantules issues des embryons âgés de 67 à 77 jours après la pleine floraison des variétés TEXAS et NEC PLUS ULTRA bien que normales ont des tiges grêles pourvues de feuilles fines et assez petites. Ce phénomène est dû, très probablement, à une insuffisance en matières de réserves dans les cotylédons en formation. On assiste à un accroissement de la vigueur des plantules au fur et à mesure que l'embryon se rapproche de sa maturité.

Par contre, les embryons non traités par le froid sont incapables de germer et présentent des anomalies physiologiques.

Nos expériences montrent que la dormance n'est pas incompatible avec l'existence d'une activité organogène intense. Il y a seulement incapacité de l'élongation cellulaire dans les tissus en formation ce qui est en accord avec les observations de HABER et LUIPPOLD (1960) sur la laitue, MONET et BASTARD (1969) sur le Pêcher.

o o

o

DEUXIEME PARTIE

ETUDE DE L'EFFET PARENTAL SUR LA DORMANCE DE L'EMBRYON

En raison de la pollinisation obligatoirement croisée chez l'espèce Amandier, l'étude des caractères génétiques et de leur transmission dans les descendances est difficile ; il se pose ainsi des problèmes délicats pour établir les programmes d'amélioration.

L'impossibilité d'autofécondation chez l'Amandier est une des raisons de la grande variabilité de cette espèce, car le niveau d'hétérozygotie est élevé pour chaque variété. Cependant, dans certaines populations géographiques, la concordance d'époque de floraison entre certaines variétés a favorisé la création d'individus relativement semblables pour certains caractères comme le caractère de coque dure par exemple. Il est bien évident que le pollen, par sa nature génétique, joue un rôle essentiel dans la création de nouvelles populations.

Nous avons voulu savoir dans quelle mesure certains caractères physiologiques des embryons étaient influencés par la nature génétique du parent mâle ou du parent femelle.

Dans le premier chapitre, nous aborderons les problèmes concernant l'étude de la dormance des graines issues de fécondation libre en fonction de l'époque de floraison du parent femelle.

Dans le deuxième chapitre, nous rechercherons l'effet du pollen sur les besoins en froid des graines, toujours en fonction de l'époque de floraison du pollinisateur.

CHAPITRE I

ETUDE DE LA DORMANCE DE L'EMBRYON EN FONCTION DE LA VARIETE MERE

Nous avons étudié par deux méthodes différentes la dormance des graines issues de fécondation libre de quelques variétés d'Amandier afin de savoir s'il existe une relation entre l'époque de floraison des variétés mères et l'exigence en froid de leurs embryons.

Par la première méthode, les graines (dépourvues de l'endocarpe) ont été soumises à un traitement par le froid afin de déterminer la vitesse de germination de chaque famille. L'influence de la nature dure ou tendre de l'endocarpe sur la vitesse de germination des graines a été également étudiée.

Par la deuxième méthode qui est complémentaire de la précédente, nous avons recherché, après des stratifications de durées variables, le temps minimum nécessaire pour lever la dormance des graines chez les différentes variétés expérimentées.

I. PREMIERE METHODE :

Observation de la germination des graines à 4° C^{+}_{-} 1.

MATERIEL VEGETAL UTILISE

Les variétés d'Amandier utilisées dans notre étude, se trouvent dans la collection variétale du domaine expérimental de l'I.N.R.A. à Manduel près de Nîmes. Elles sont âgées de 8 et 9 ans.

Parmi les variétés d'Amandier, on trouve une grande diversité d'époques de floraison. L'époque de floraison est influencée par les besoins en froid nécessaires à la levée de dormance des bourgeons floraux. Nous avons choisi pour notre étude, des variétés différentes quant à leur époque de floraison.

Les variétés utilisées sont les suivantes :

CAVALIERA, originaire de Sicile, à époque de floraison très précoce. Cette variété fleurit dans les conditions climatiques de Nîmes aux environs du 22 Février. (1)

DESMAYO, originaire d'Espagne, à époque de floraison précoce. Elle fleurit à Nîmes 3 à 4 jours après la variété CAVALIERA (environ le 26 Février).

MARCONA, originaire d'Espagne, à époque de floraison moyenne (7 à 8 Mars).

TEXAS, originaire de Californie, à époque de floraison tardive. Elle fleurit presque 20 jours après la variété CAVALIERA (13 à 14 Mars).

AI, originaire de Provence, à époque de floraison très tardive. Cette variété fleurit 3 à 4 jours après la variété TEXAS soit environ 24 jours après la variété CAVALIERA.

CRISTOMORTO, originaire des Pouilles en Italie, à époque de floraison très tardive. Elle fleurit en même temps que la variété AI.

Il est nécessaire de signaler que les deux dernières ont, en principe, dans les conditions climatiques normales, au moment de la floraison, une date de floraison semblable. Elles se distinguent toutefois par une sensibilité thermique différente au cours de cette période. Une baisse de la température freine considérablement l'évolution de l'ouverture des bourgeons floraux chez la variété AI et retarde aussi pendant quelques jours l'ouverture des fleurs, alors que, chez la variété CRISTOMORTO la floraison continue son évolution même par des températures assez basses.

METHODE D'ETUDE.

Pendant la floraison, les fleurs de ces différentes variétés sont pollinisées librement par les insectes. La fécondation ne peut se faire qu'entre variétés fleurissant à la même époque. Cette situation a conduit à élever le niveau de "consanguinité" chez ces variétés à floraison simultanée.

Les amandes sont récoltées à maturité morphologique, puis séchées pendant quelques jours afin d'éliminer l'excès d'eau et par la suite faciliter leur conservation.

---

(1) - toutes ces dates sont des dates moyennes qui peuvent varier en fonction du climat de l'année.

Dans toutes nos études, nous avons étudié la dormance de la graine après avoir éliminé l'endocarpe. Dans un seul cas, cependant, afin de rechercher l'influence exercée par l'endocarpe sur la vitesse de germination de l'embryon, nous avons placé nos graines à germer sans avoir cassé l'endocarpe.

Le milieu de stratification est constitué par du sable fin dit "sable blanc" ou par de la perlite. Avant de l'utiliser, le sable est stérilisé pendant une heure à 120° C ; pour humidifier la perlite nous avons ajouté chaque fois un litre et demi d'eau à un kilo de perlite.

Les "noyaux" (endocarpe contenant la graine) et les graines débarrassées de l'endocarpe sont aussi stérilisés dans une solution à 8 % de hypochlorite de calcium pendant quinze minutes.

Les sujets ainsi préparés sont plantés verticalement dans des terrines contenant le stable stérile suffisamment humide. L'humidité du substrat au cours du traitement des graines par le froid est indispensable. Les graines sèches traitées par le froid en l'absence d'humidité, ne peuvent pas subir les modifications biochimiques provoquant la levée de la dormance, CHOUARD (1951).

Les graines sont disposées dans les terrines de telle manière que l'on puisse apercevoir 2 à 3 millimètres de leur extrémité émergeant au-dessus du niveau du sable. Cette méthode dérive de celle préconisée par KESTER (1969). Elle permet de déterminer la date exacte de germination de chaque graine.

Les terrines ainsi préparées sont couvertes par un film de polyéthylène afin d'empêcher la perte d'humidité du sable. Ensuite l'ensemble des terrines est placé dans une chambre froide à 4° C^{+}_{-} 1. Les graines après avoir subi une certaine exposition au froid commencent à germer. Notre observation s'est d'abord limitée au phénomène de la germination se traduisant par la percée radiculaire.

Dans toutes nos études, nous avons utilisé des lots de 100 graines pour chaque variété. Les observations sont effectuées tous les deux jours sur les graines chez lesquelles la radicule a percé les téguments et mesure 1 à 2 millimètres.

Les courbes sont établies sur les pourcentages de germination des graines et d'endocarpes ouverts observés au cours du traitement par le froid.

RESULTATS

A. Graines débarrassées de l'endocarpe.

Sur la figure 18, nous avons représenté les courbes de germination des graines issues de fécondation libre pour les six variétés d'Amandier précédemment citées.

En examinant ces graphiques, on constate que les graines de toutes les variétés sauf de la variété TEXAS commencent à germer, du 30ème au 34ème jour de traitement par le froid (4° C ± 1). Tandis que les graines de la variété TEXAS commencent seulement à partir du 39ème jours dans les mêmes conditions.

En suivant la germination des graines de ces variétés, on constate que pendant les premiers jours de germination, les courbes de différentes variétés ne sont pas nettement distinctes les unes des autres. Par contre, à partir du 40ème jour, on remarque une augmentation importante de la vitesse de germination qui semble d'autant plus rapide que l'époque de la floraison de la variété est plus précoce. En tenant compte du nombre de jours nécessaires pour atteindre 50 % de germination dans les conditions de traitement, ces variétés se classent de la façon suivante :

CAVALIERA	42 jours
MARCONA	49 jours
DESMAYO	50 jours
CRISTOMORTO	54 jours
AI	59 jours
TEXAS	64 jours

Dans ce classement, les trois premières variétés se situent exactement dans l'ordre de leur époque de floraison. Par contre, le classement de la variété TEXAS qui se place la dernière avec un écart de 10 et 5 jours par rapport aux variétés CRISTOMORTO et AI ne correspond pas à celui de son époque de floraison. Cet écart assez important n'est pas dû à une erreur expérimentale puisqu'il a été confirmé à plusieurs reprises dans nos essais. Nous pensons qu'il est possible de recontrer dans la nature des phénotypes à floraison très tardive dont la tardivité est la conséquence de comportements physiologiques tout à fait différents.

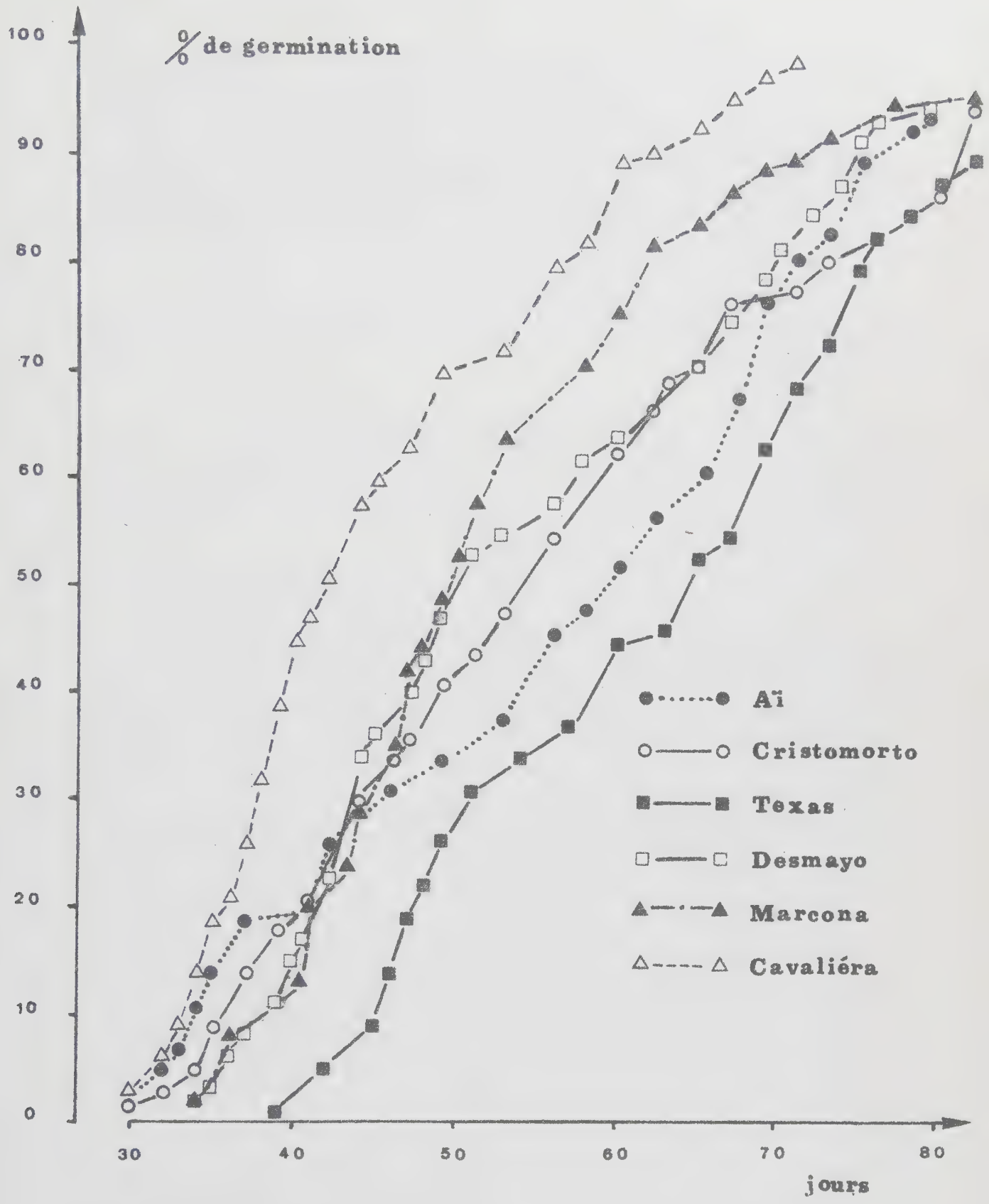


Fig. 18 . Vitesse de germination des graines (sans endocarpe) de six variétés d'époques de floraison différentes issues de fécondation libre

Des variétés à floraison très tardive comme CRISTOMORTO, peuvent avoir des graines ayant relativement des faibles besoins en froid et inversement pour d'autres. D'autre part, il n'est pas absolument certain que la précocité de germination des graines soit liée à la précocité de la floraison de la plante mère mais plutôt à la précocité de débourrement de celle-ci ; or on constate dans les collections de variétés, que ces deux précocités ne sont pas toujours liées. Il est possible en effet de trouver des phénotypes à floraison précoce et débourrement tardif et, au contraire, et des phénotypes à floraison tardive et débourrement précoce.

A partir du stade de 50 % de germination jusqu'à la fin du traitement par le froid, les courbes deviennent plus caractéristiques et concordent bien avec le classement d'époque de floraison de parents femelles.

Il ressort de cette étude que, sauf dans des cas exceptionnels, une variété pollinisée librement produit en moyenne des graines dont l'ordre de classement dans une échelle qui tiendrait compte de l'intensité de leur dormance est le même que l'ordre de classement de leur parent femelle dans l'échelle des dates de floraison.

B. Graines contenues dans l'endocarpe.

Pour déterminer l'effet de l'endocarpe sur la vitesse de germination des graines, nous avons traité les amandes (graine contenue dans l'endocarpe) dans les mêmes conditions que précédemment. Au cours du traitement, nous avons observé également l'ouverture de l'endocarpe due à l'effet mécanique du gonflement de la graine pendant le traitement par le froid.

Nous avons vu antérieurement qu'il existe des amandes à coque (endocarpe) plus ou moins dure ; les variétés que nous avons utilisées se classent ainsi :

CAVALIERA	très tendre
AI	tendre
TEXAS	demi-tendre
CRISTOMORTO	dure
MARCONA	dure
DESMAYO	dure

Les graphiques de la figure 19 permettent de distinguer deux points essentiels :

a) l'ouverture des amandes à coque demi-tendre et à coque tendre commence dès le 21ème jour de traitement par le froid, tandis que celle des amandes à coque dure commence seulement à partir du 37ème jour dans les mêmes conditions.

b) les graphiques correspondant aux vitesses d'ouverture des endocarpes chez les amandes à coque dure se distinguent nettement de celles des amandes à coque demi-dure et tendre.

Dans la figure 20, nous avons représenté les courbes de germination des graines des mêmes variétés mais avec l'endocarpe traité toujours dans les mêmes conditions.

L'examen de ce graphique montre que la germination des graines contenues dans les endocarpes tendres commencent à partir du 43ème jour. Par contre, les graines ayant un endocarpe dur germent avec un décalage de 8 jours soit à partir du 51ème jour de traitement par le froid. Dans le premier stade de germination, il semble que ce soit seulement la nature de l'endocarpe qui influence la date de germination des graines, et non l'état physiologique de la plante mère qui ne semble pas avoir un rôle considérable sur la vitesse de germination.

En réalité, jusqu'à 30 % de germination, les variétés à coque tendre mais de type physiologique différent ont des vitesses de germination qui ne diffèrent pas sensiblement les unes des autres. Plus tard, la vitesse de germination et son évolution chez ces variétés deviennent représentatives et restent liées aux besoins en froid de leurs bourgeons

Dans le cas des variétés à coque dure, on s'aperçoit qu'elles ont des dates de germination retardées et que leur courbe de germination reste en relation avec l'époque de floraison. Cependant, en raison d'une dureté de la coque, considérable chez la variété MARCONA (époque de floraison moyenne), les graines (avec l'endocarpe) ont une germination assez retardée.

Les différentes variétés étudiées en fonction du nombre de jours nécessaire pour atteindre 50 % de germination se classent comme il suit :

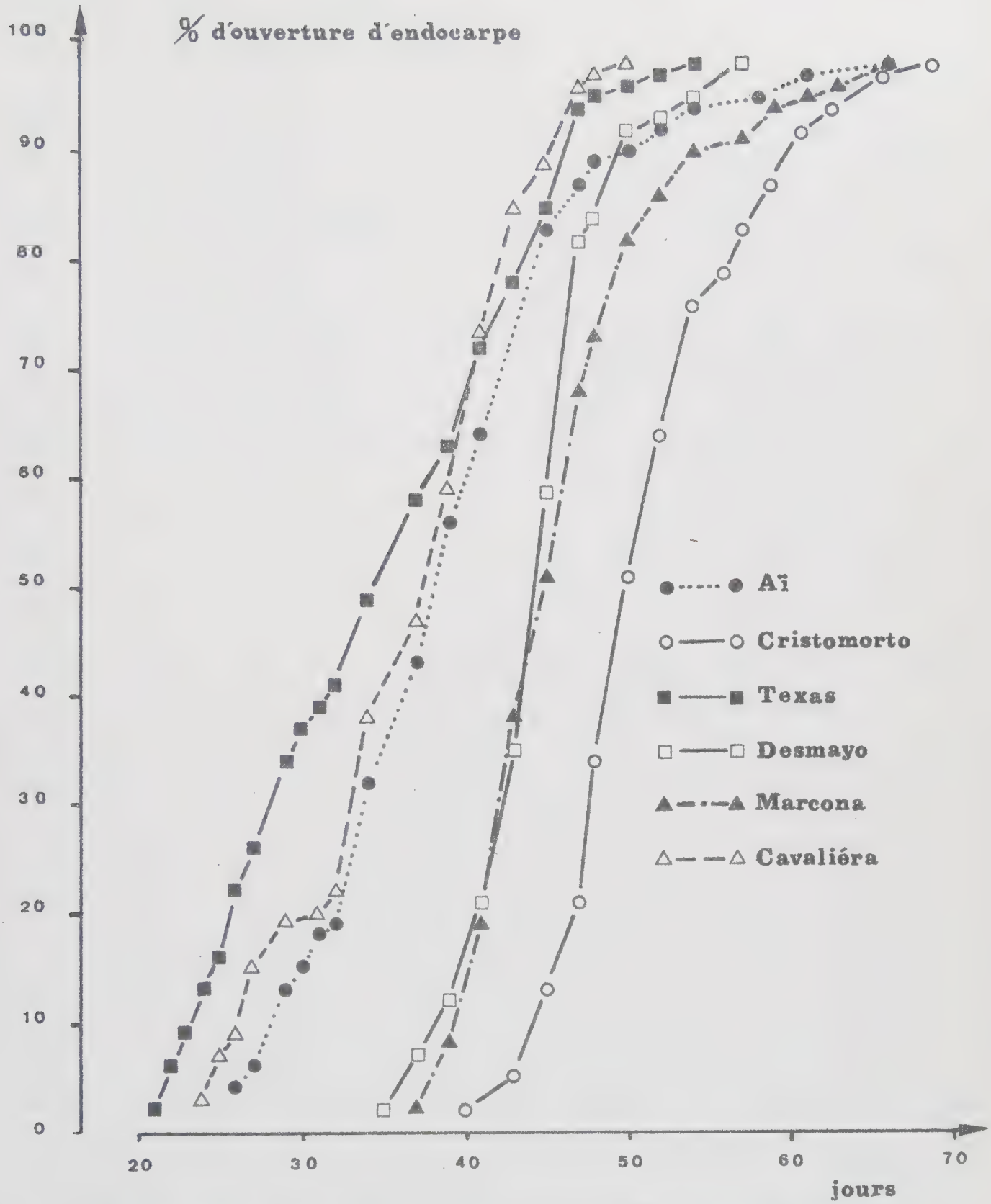


Fig.19 - Effet mécanique du traitement par le froid sur l'ouverture de l'endocarpe de six variétés d'amandier.

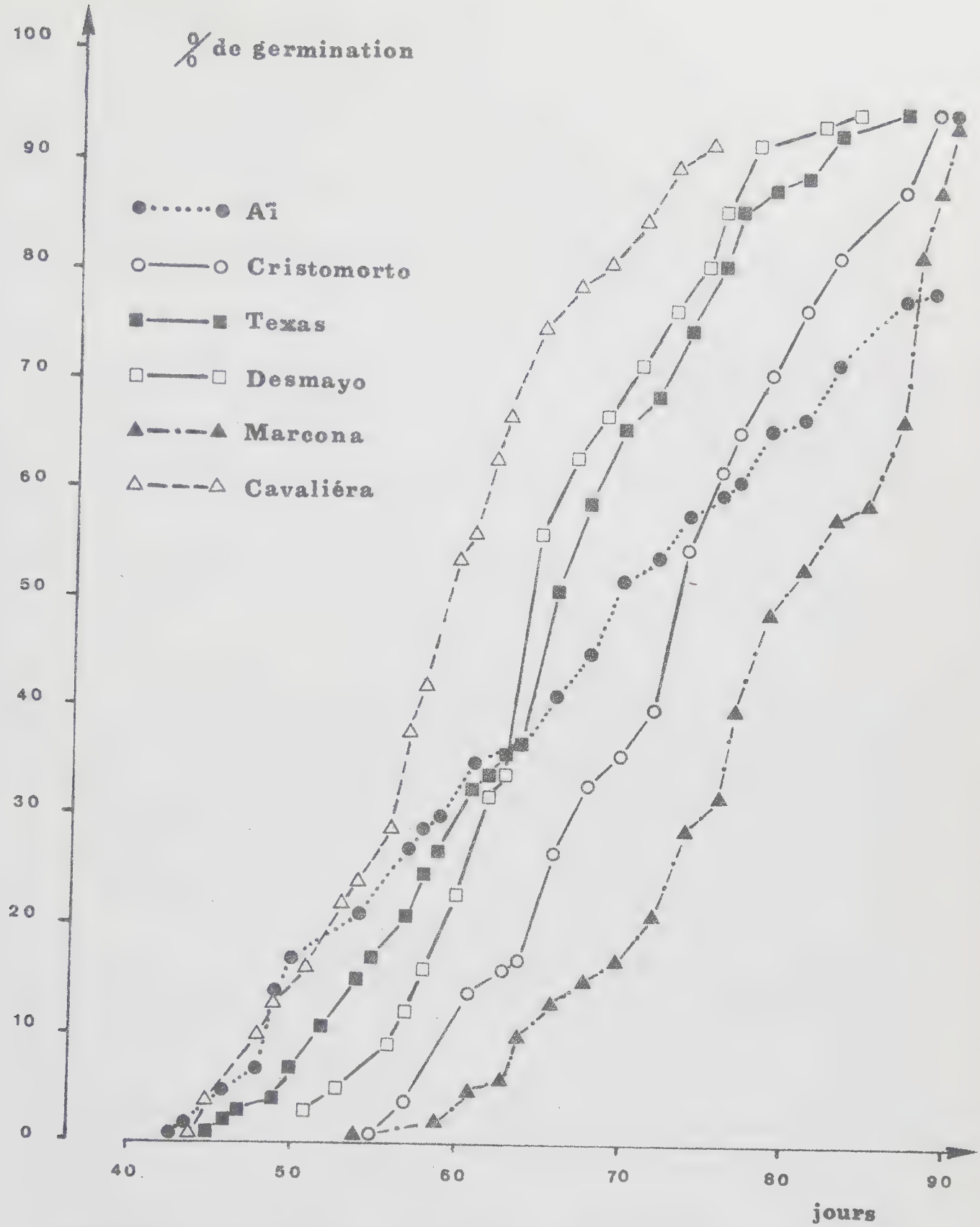


Fig.20 - Vitesse de germination des graines (avec endocarpe) de six variétés d'amandier d'époques de floraison différentes issues de fécondation libre

CAVALIERA	59 jours
DESMAYO	64 jours
TEXAS	66 jours
AI	70 jours
CRISTOMORTO	73 jours
MARCONA	79 jours

De cette étude on peut conclure, qu'en principe, les variétés précoces ainsi que les variétés tardives, produisent dans les conditions de fécondation libre des graines dont les besoins en froid sont en relation étroite avec ceux du phénotype parental. L'époque de floraison (précocité ou tardivité) étant pour une bonne part liée aux besoins en froid des bourgeons, détermine dans une certaine mesure, le comportement du génotype moyen de la population des graines en ce qui concerne leur vitesse de germination.

II. DEUXIEME METHODE :

Observation de la germination après des stratifications de durées variables.

Dans un but pratique, il est bon de connaître les durées de la stratification nécessaire aux graines qui proviennent d'une variété déterminée. Nous avons essayé de déterminer la durée minimale de stratification des graines des variétés précédentes et de deux autres variétés. Nous verrons que cette étude confirme les résultats précédents à savoir qu'il y a un classement identique entre les durées de stratification minimale des familles des graines et le classement de leurs parents selon leur précocité de floraison.

MATERIEL VEGETAL UTILISE :

Les variétés NEC PLUS ULTRA et TARDIVE de la VERDIERE ont été utilisées dans cette étude en complément de celles déjà décrites dans la méthode précédente. Les caractéristiques de ces deux variétés sont les suivantes :

NEC PLUS ULTRA, originaire de Californie, à époque de floraison moyenne. Elle fleurit vers le 15 Mars, soit 12 à 15 jours après la variété CAVALIERA.

TARDIVE de la VERDIERE, originaire du Midi de la France, à époque de floraison très tardive. Cette variété fleurit en même temps que la variété CRISTOMORTO.

METHODE D'ETUDE

A la maturité morphologique, les amandes, après avoir été débarrassées de leur coque verte (mésocarpe) ont été séchées pendant quelques jours et conservées dans le laboratoire. Pour désinfecter les graines, l'endocarpe est éliminé comme dans la technique précédente. Dans cette étude, nous avons utilisé de la perlite comme substrat de stratification.

Après avoir été désinfectées, les graines sont mélangées avec une quantité suffisante de perlite humidifiée et sont mises dans des sacs en polyéthylène. L'ensemble des sacs est placé dans la chambre froide à 4° C $\pm$ 1. D'après les observations de CHANDLER (1955), la zone de température efficace pour lever la dormance des Rosacées se situe entre 0 et + 5° C.

Nous avons mis en stratification de quinze jours en quinze jours des lots de 100 graines avec un temps de séjour au froid de 0 à 45 jours. Nous avons limité notre étude à 45 jours car à la suite d'études préliminaires, nous avions constaté qu'un séjour de l'ordre de 45 jours était largement suffisant pour lever complètement la dormance des graines chez les variétés les plus exigeantes.

Après avoir subi le froid nécessaire, les différents lots étaient semés le même jour dans les conditions favorables à la germination.

Les observations étaient faites, tous les jours : on notait le taux de germination et l'aspect morphologique des jeunes plantules présentant des anomalies foliaires (rosette).

RESULTATS

L'étude des graphiques 21, 22 et 23, montre que les graines des variétés CAVALIERA ; MARCONA et NEC PLUS ULTRA réagissent de la même façon avec les traitements de 45 jours et de 30 jours. Par contre, les graines traitées pendant 15 jours dans les mêmes conditions montrent une vitesse de germination remarquablement faible. On peut dire que le traitement au froid des graines de ces variétés pendant 30 jours est suffisant pour lever la dormance et par conséquent obtenir des plantes normales. Les graines traitées pendant 15 jours ont une germination très tardive, leur vitesse de germination est très faible. Le nombre de plantes à aspect de rosette (anomalie foliaire due au manque de froid) est important (tableau 6).

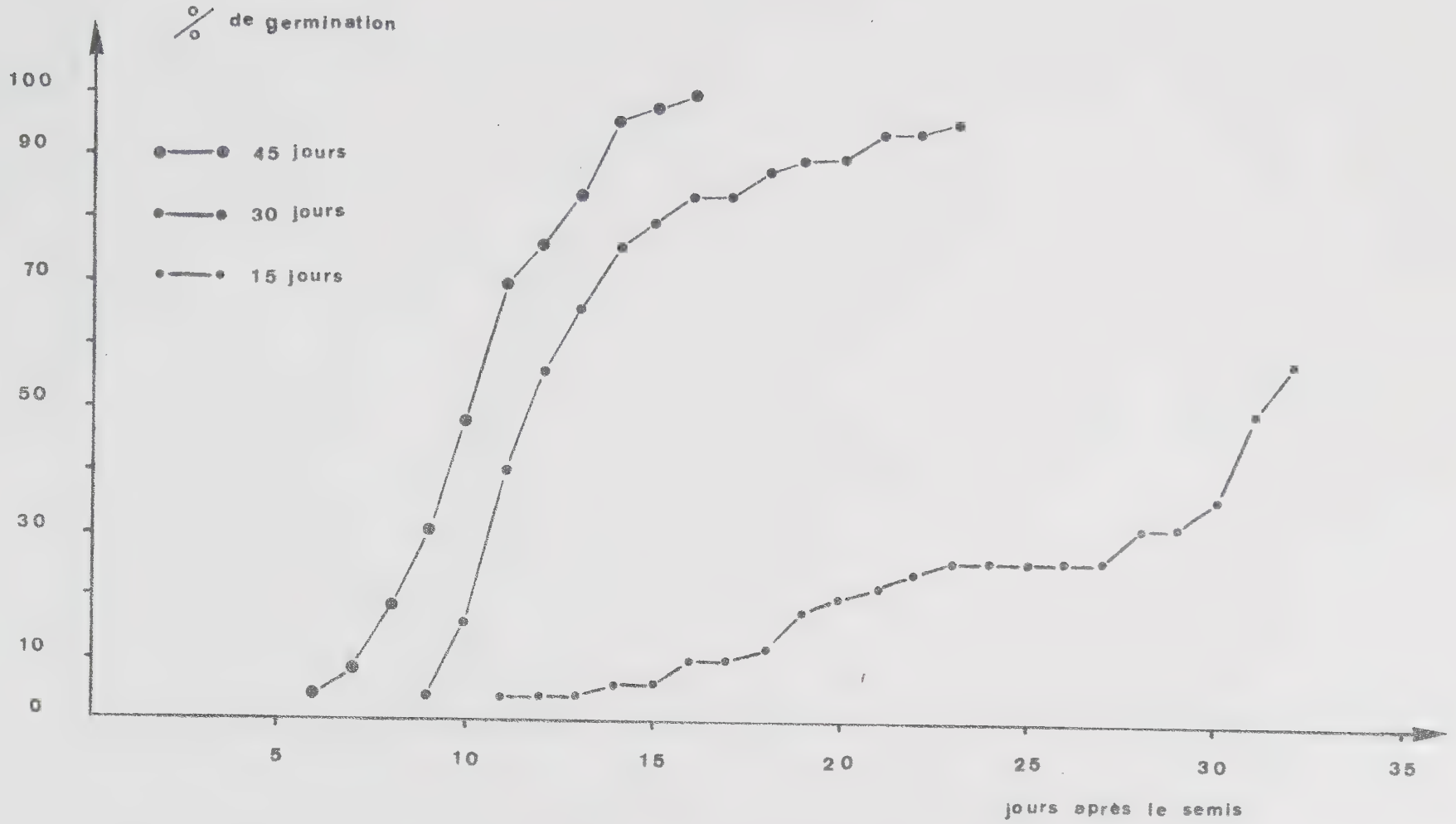


Fig. 21 - Vitesse de germination des graines de la variété CAVALIERA stratifiées respectivement pendant 15, 30 et 45 jours.

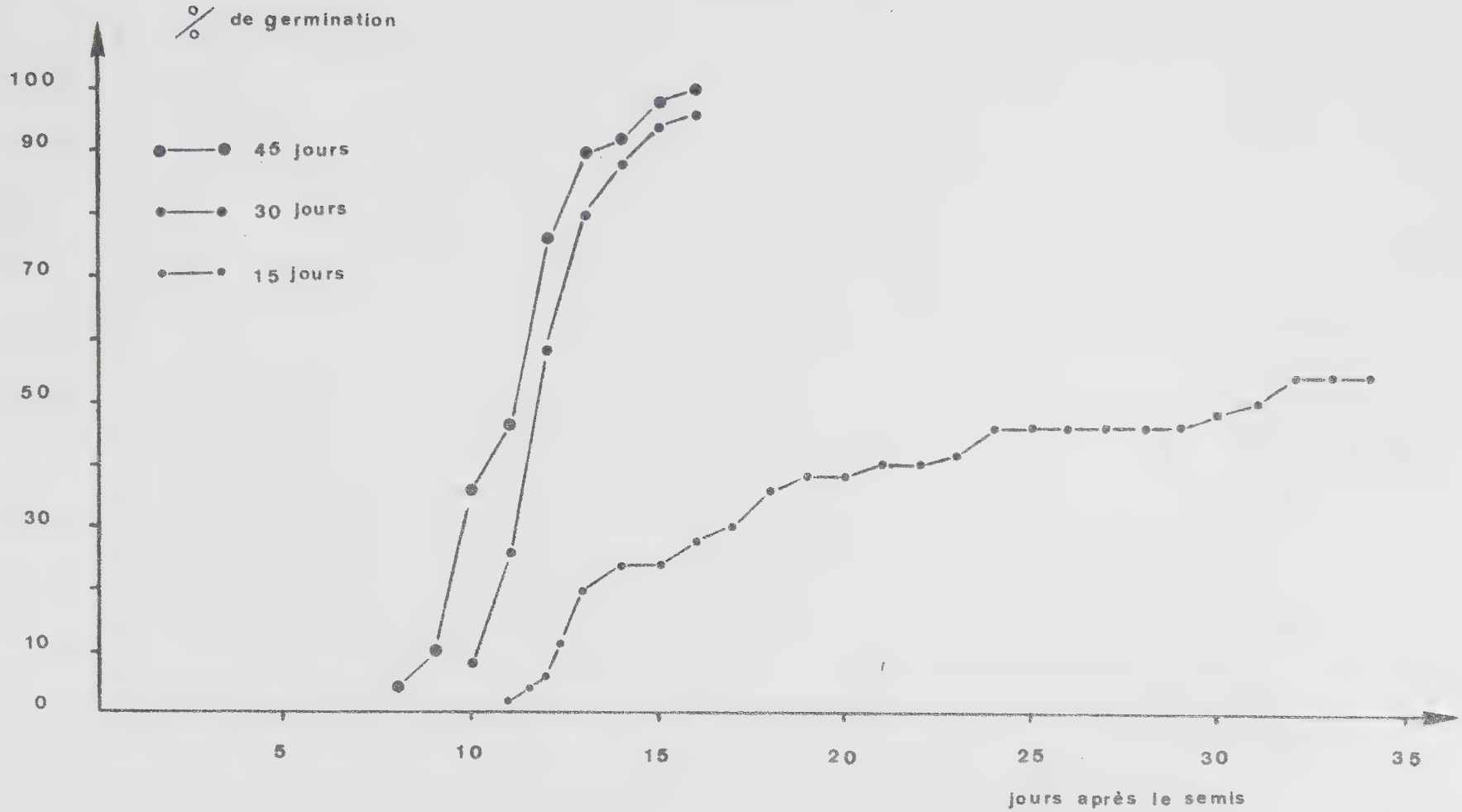


Fig. 22 - Vitesse de germination des graines de la variété MARCONA stratifiées respectivement pendant 15, 30 et 45 jours

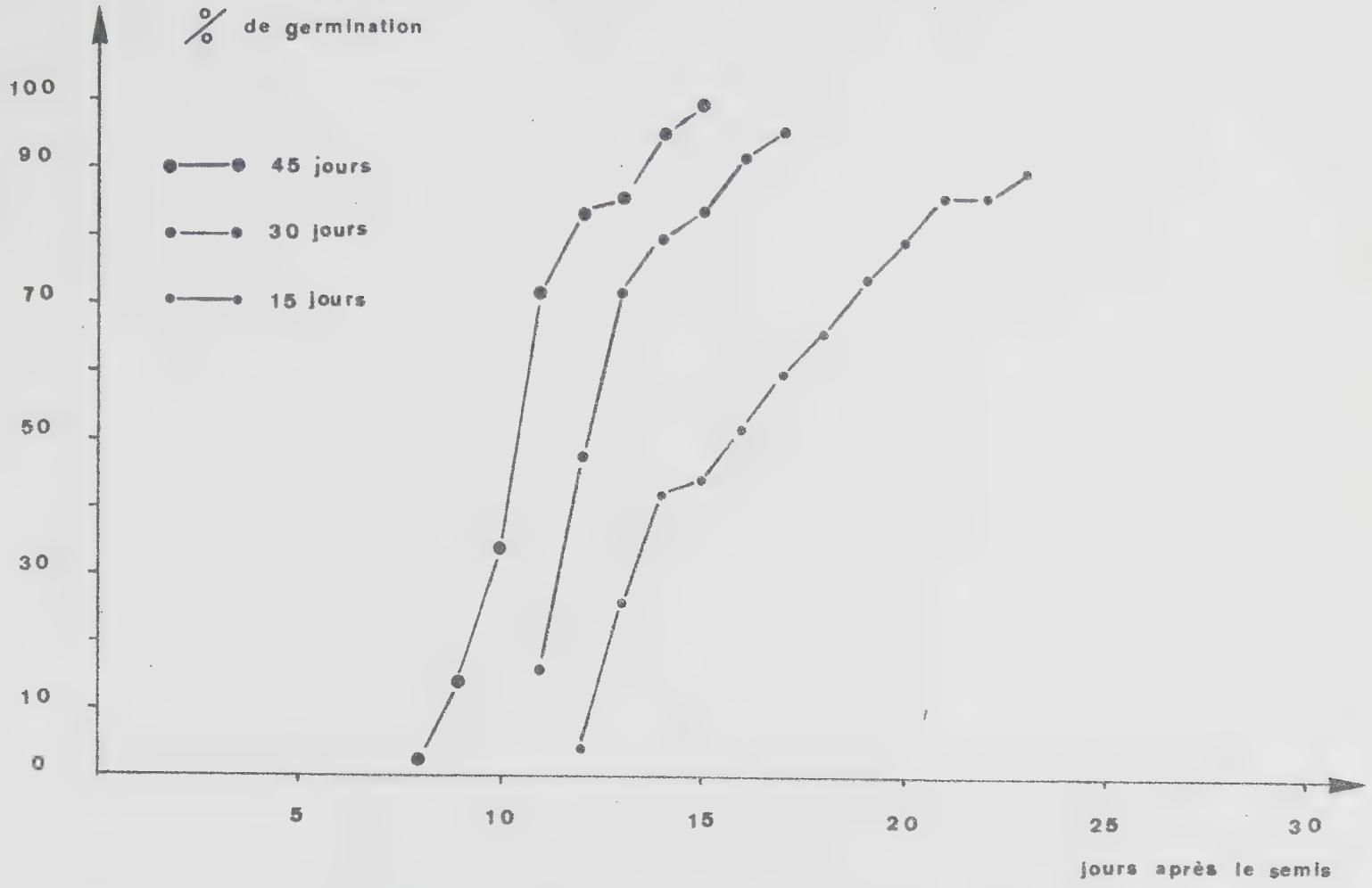


Fig. 23.- Vitesse de germination des graines de la variété NEC PLUS ULTRA stratifiées respectivement pendant 15, 30 et 45 jours.

TABLEAU 6

Influence de différentes durées de traitement par le froid, sur l'aspect morphologique des plantes.

Variétés	Variétés AI					CRISTOMORTO					TEXAS					DESMAYO				
Durée de stratification	intensité des anomalies foliaires (0 à 4)																			
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
45 jours	86	-	6	-	8	100	-	-	-	-	96	-	4	-	-	96	2	2	-	-
30 "	84	-	6	-	10	90	-	4	-	6	84	-	4	-	12	84	10	6	-	-
15 "	62	-	6	-	32	62	-	-	14	24	74	-	6	-	20	58	-	6	14	22

Variétés	MARCONA					CAVALIERA					NEC PLUS ULTRA					TARDIVE de la VERDIERE				
Durée de stratification	intensité des anomalies foliaires (0 à 4)																			
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
45 jours	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-
30 "	84	-	16	-	-	84	-	-	16	-	94	-	-	6	-	90	-	10	-	-
15 "	70	-	8	-	22	46	-	6	-	48	72	-	2	6	20	60	-	14	-	26

0 = absence d'anomalies et croissance normale.

1 = rosette peu développée ; croissance presque normale.

4 = rosette très marquée ; croissance presque nulle.

En ce qui concerne la variété DESMAYO ayant une époque de floraison précoce, ses graines sont plus exigeantes comme le montre le graphique 24. Il semble que pour les graines de cette variété un traitement supérieur à 30 jours soit nécessaire à une bonne germination.

L'étude de la vitesse de germination chez les variétés à époque de floraison tardive et très tardive montre que la plupart de ces variétés ont de forts besoins en froid, nécessaires pour lever la dormance de leurs graines. Les lots traités pendant 15 et 30 jours (variétés TEXAS et AI) ne donnent pas de résultats satisfaisants. Par contre, avec 45 jours de traitement, les graines germent mieux et ont une vitesse de germination supérieure (figures 25 et 26).

Pour ce qui est des variétés CRISTOMORTO et TARDIVE de la VERDIERE, on peut obtenir avec 30 jours de traitement le même résultat qu'avec celui de 45 jours. Le nombre de plantes présentant des anomalies foliaires issues de 15 jours de traitement est de l'ordre de 40 % chez la variété TARDIVE de la VERDIERE et de 38 % chez la variété CRISTOMORTO. Ces deux variétés étant à floraison très tardive produisent cependant des graines ayant de faibles besoins de froid, comme nous l'avons déjà signalé dans les études précédentes. Ceci confirme que la population des graines de ces deux variétés, contrairement à l'époque de floraison très tardive de ses phénotypes, se comporte comme une population de graines issues d'une variété précoce (figures 27 et 28).

D'après les résultats de notre étude, nous avons classé dans le tableau 7, les variétés d'Amandier utilisées suivant les exigences en froid de leurs graines.

TABLEAU 7

Nombre de jours nécessaire à 4° C $\pm$ 1 pour lever la dormance des graines (sans endocarpe).

Variété	Epoque de floraison	Epoque de débourrement	Nombre de jours
CAVALIERA	très précoce	très précoce	30
MARCONA	moyenne	moyenne	30
NEC + ULTRA	moyenne	moyenne	30
CRISTOMORTO	très tardive	très tardive	30
TARDIVE de la VERDIERE	très tardive	très tardive	30
DESMAYO	précoce	précoce	30 à 45
TEXAS	tardive	très tardive	45
AI	très tardive	très tardive	45

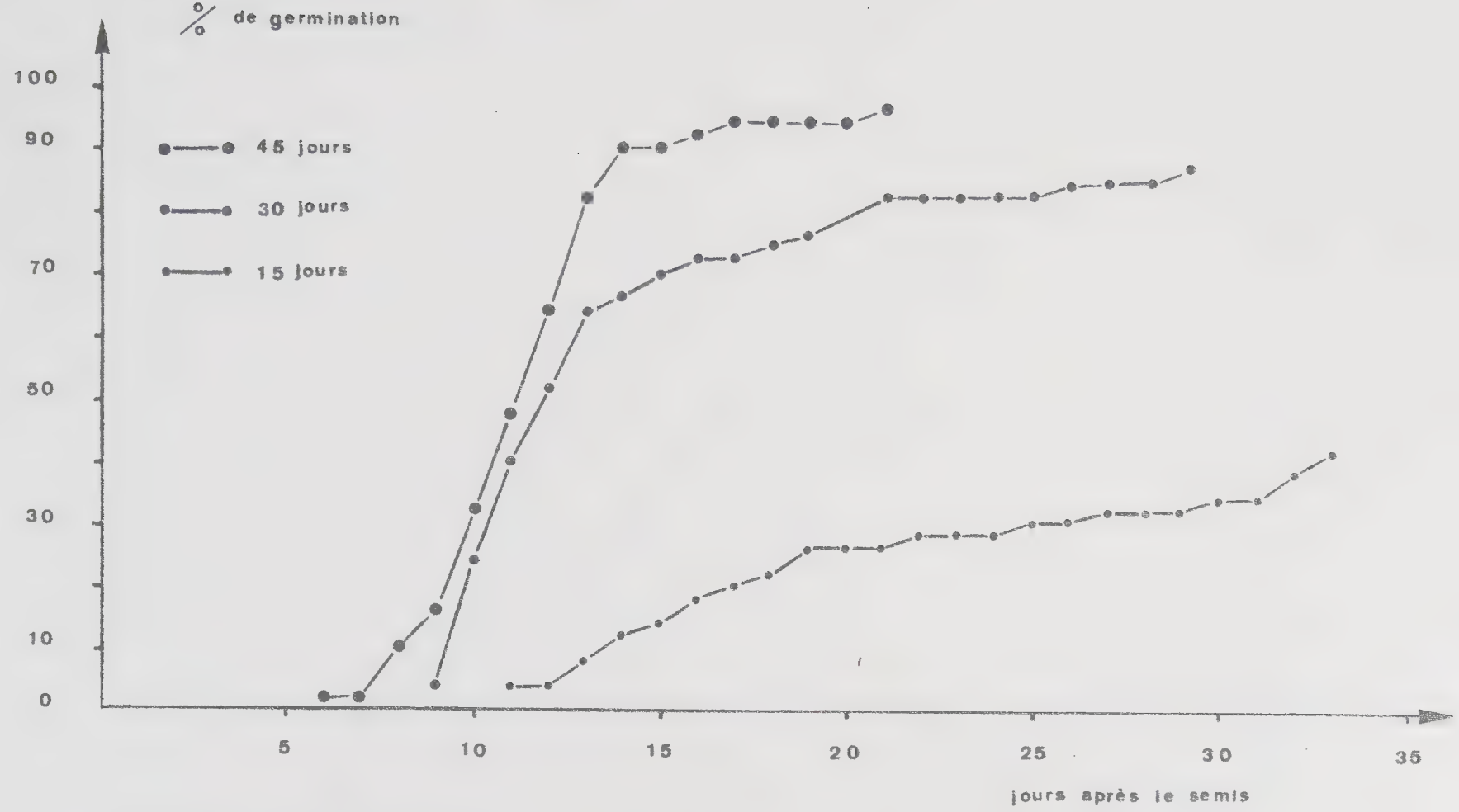


Fig. 24 . Vitesse de germination des graines de la variété DESMAYO stratifiées respectivement pendant 15 , 30 et 45 jours.

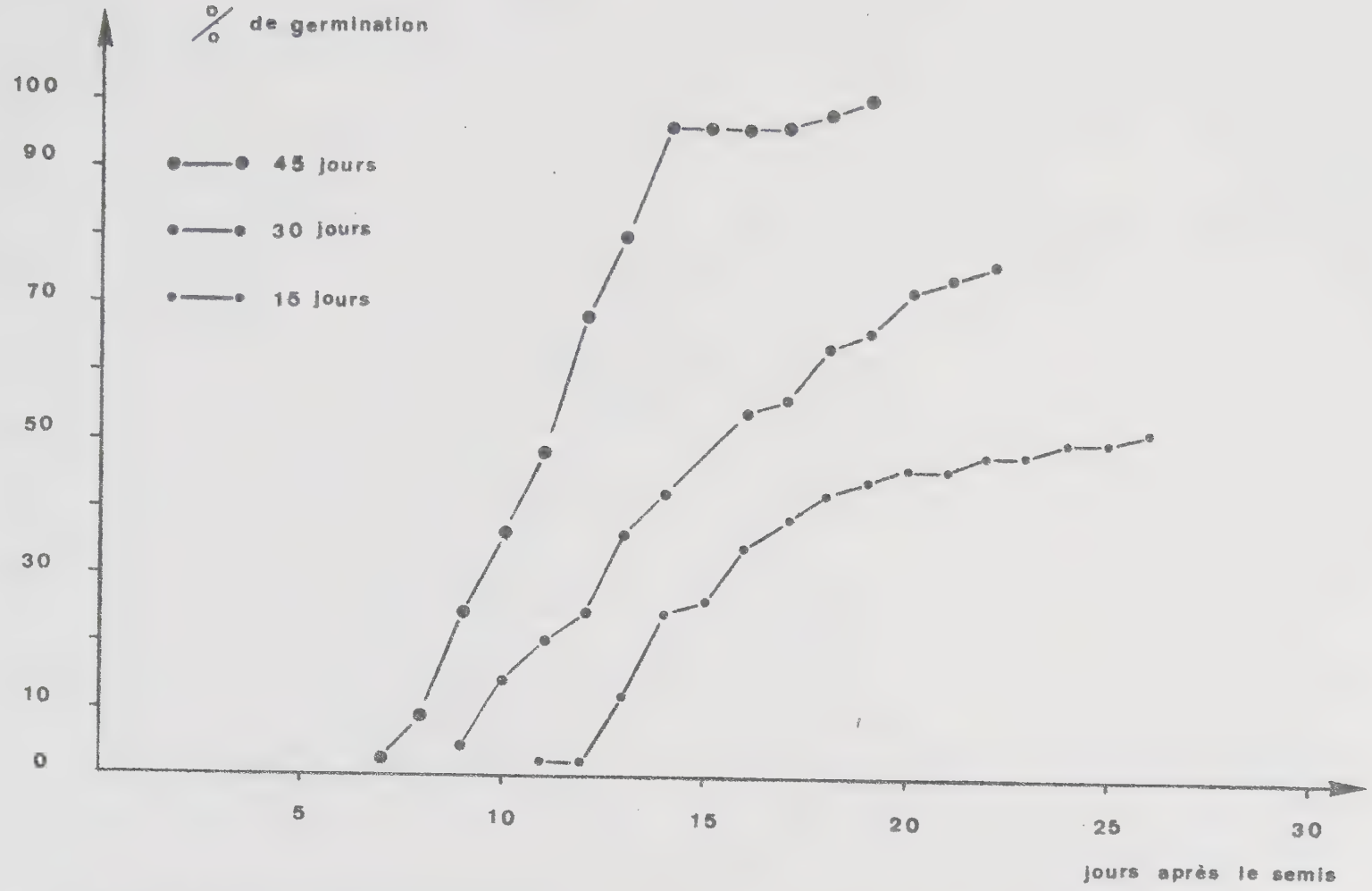


Fig. 25. Vitesse de germination des graines de la variété TEXAS stratifiées respectivement pendant 15, 30 et 45 jours.

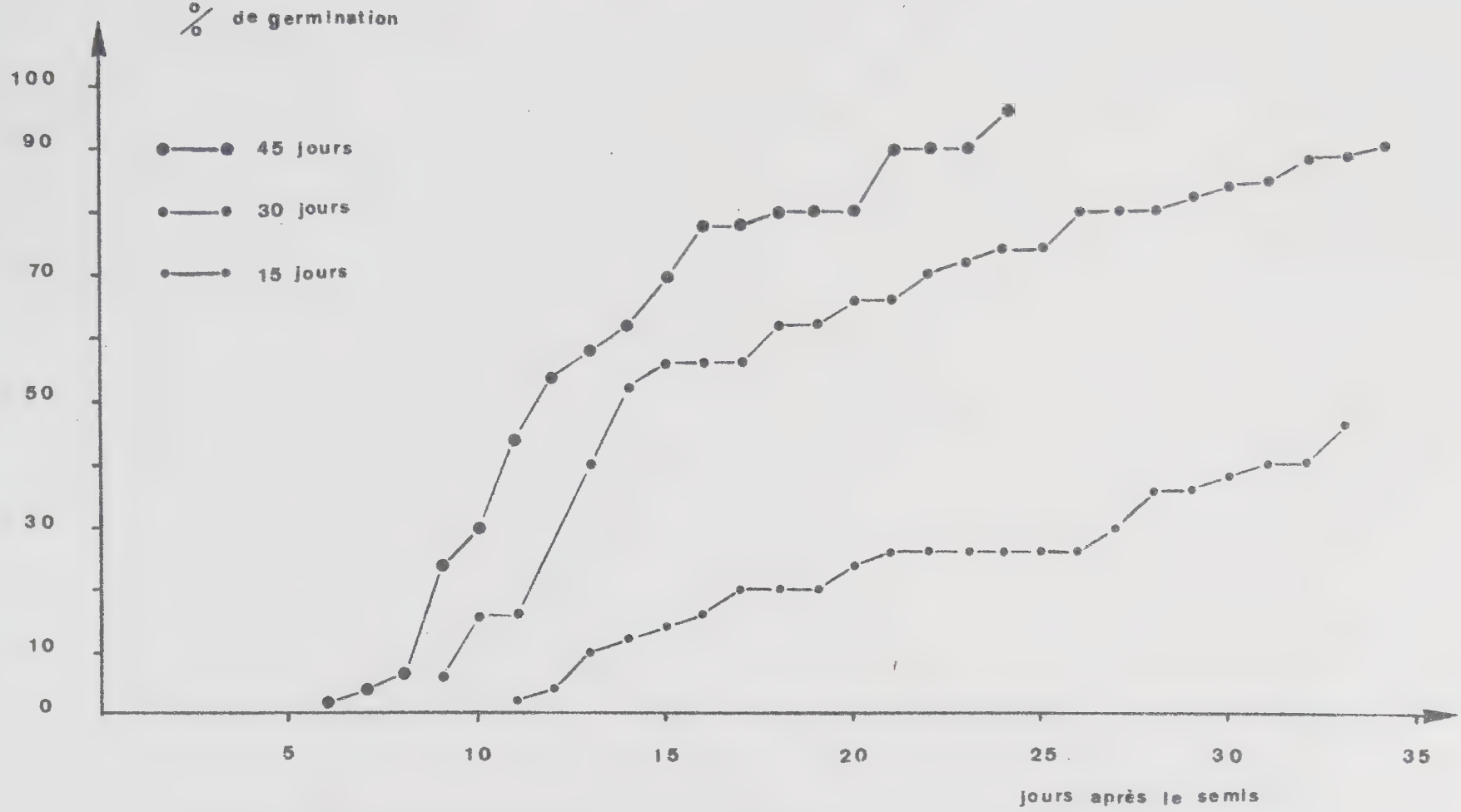


Fig.26 - Vitesse de germination des graines de la variété AÏ stratifiées respectivement pendant 15, 30 et 45 jours.

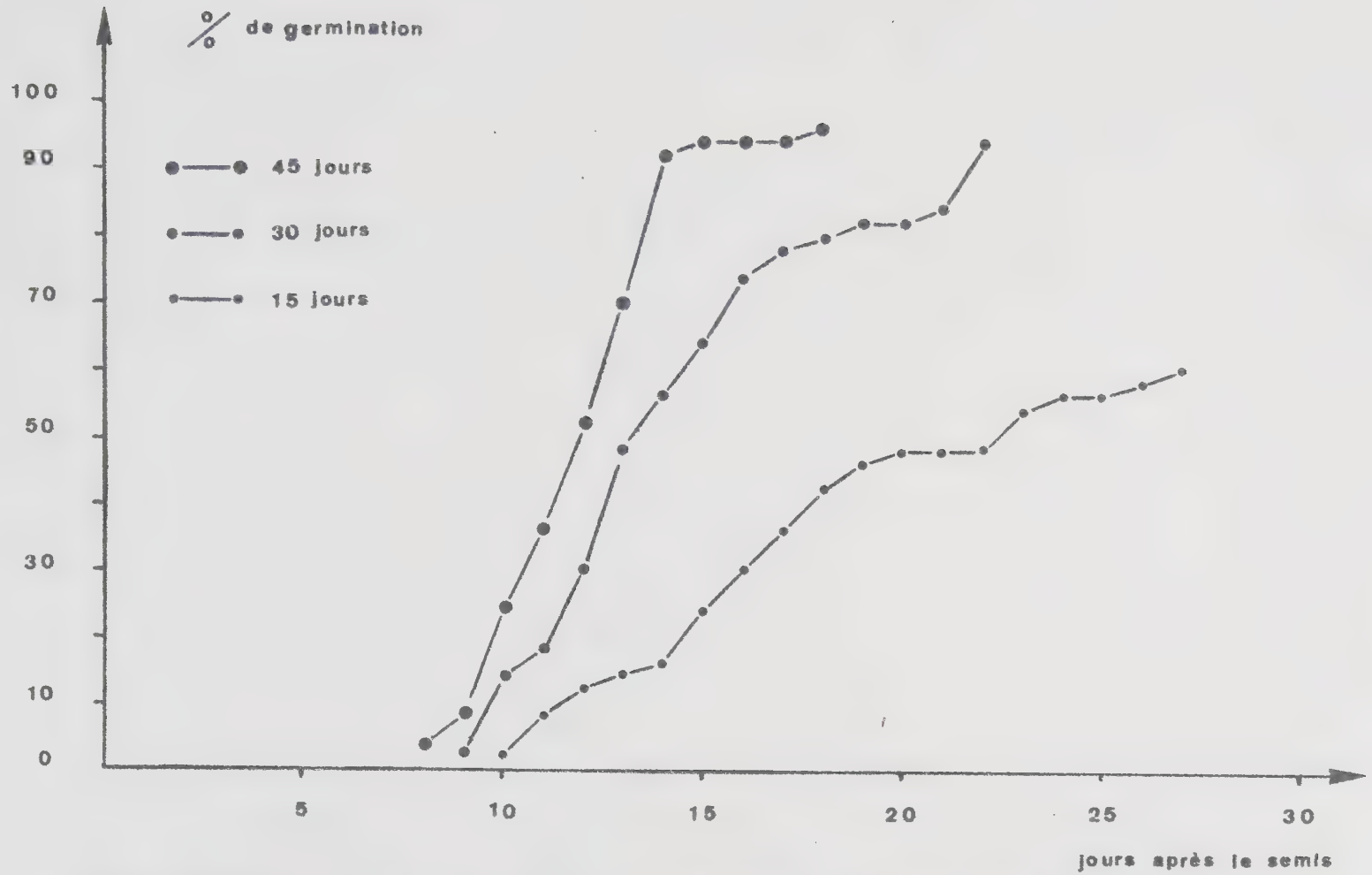


Fig. 27 _Vitesse de germination des graines de la variété CRISTOMORTO stratifiées respectivement pendant 15, 30 et 45 jours.

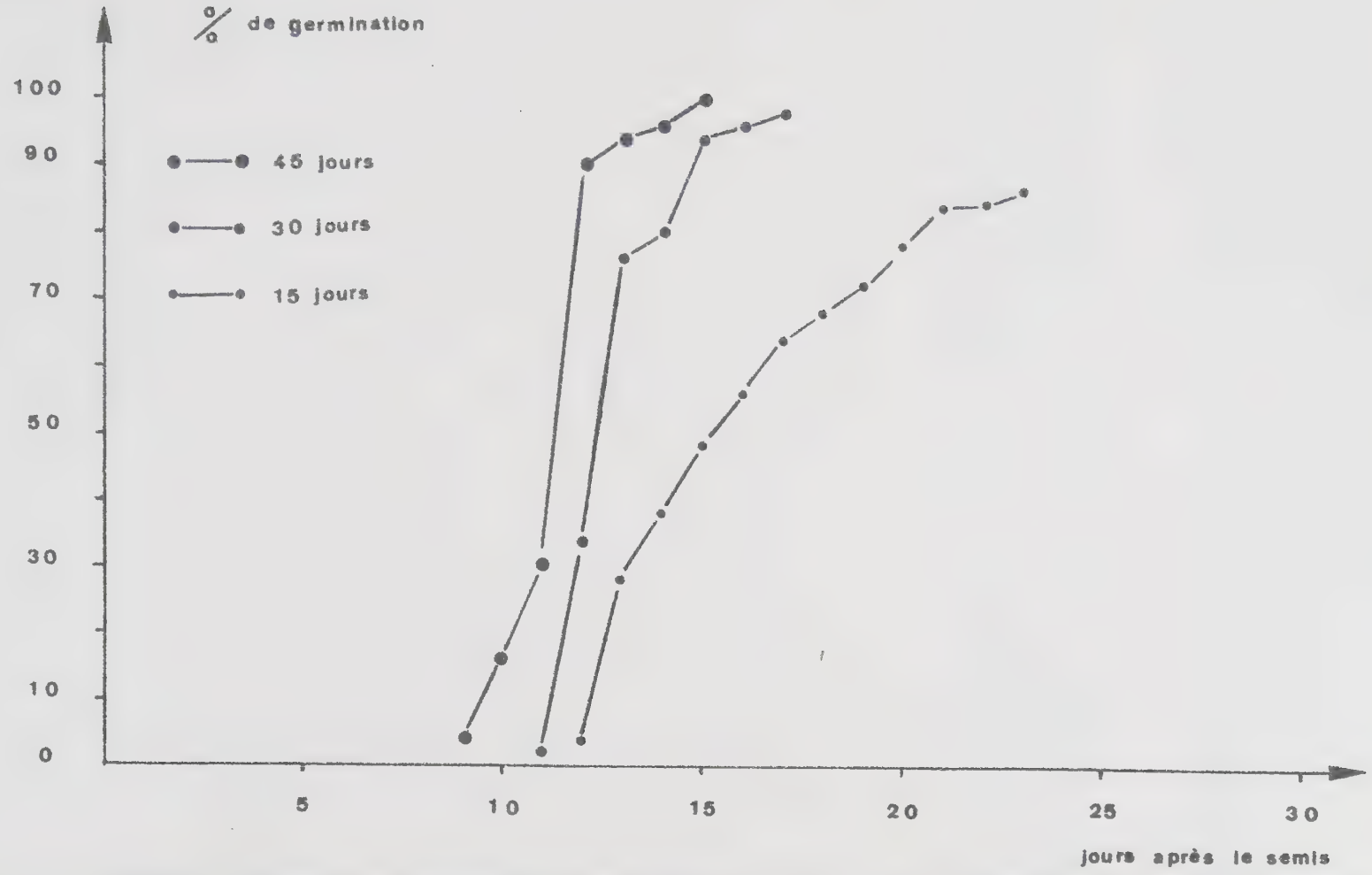


Fig. 28.- Vitesse de germination des graines de la variété TARDIVE de la VERDIERE stratifiées respectivement pendant 15, 30 et 45 jours.

EN RESUME :

d'une manière générale, le caractère de précocité de la floraison ou celui de la tardivité d'une variété est dans la plupart des cas en relation étroite avec le comportement de la population des embryons issus de cette variété vis-à-vis de leurs besoins en froid. Les variétés à floraison tardive ont des graines pour lesquelles un séjour prolongé au froid est indispensable pour lever leur dormance : c'est le cas des variétés AI et TEXAS. Par contre, chez les variétés à floraison précoce, les graines sont moins exigeantes : par exemple CAVALIERA et NEC PLUS ULTRA.

Il y a cependant des exceptions, quelques variétés à floraison très tardive ont des embryons à faibles besoins en froid qui se comportent comme ceux des variétés précoces. C'est le cas des variétés CRISTOMORTO et TARDIVE de la VERDIERE qui ont des floraisons très tardives et produisent dans des conditions de pollinisation libre des familles d'embryons dont les exigences en froid sont faibles.

CHAPITRE II

ETUDE DE L'INFLUENCE DU POLLINISATEUR SUR LA DORMANCE DE L'EMBRYON.

L'effet du parent mâle sur les besoins en froid des graines a été étudié sur les semences hybrides obtenues par croisements entre différentes variétés d'Amandier.

I. MATERIEL VEGETAL UTILISE

Les différentes variétés utilisées dans nos croisements réciproques sont données dans le tableau 8. Toutes ces variétés sont caractérisées, dans des conditions naturelles, par leur époque de floraison.

TABLEAU 8

Variétés d'Amandier utilisées, soit comme parent mâle, soit comme parent femelle, au cours du cycle végétatif 1970 et 1971.

Variétés	Epoque de floraison
CAVALIERA	très précoce
NEC PLUS ULTRA	moyenne
ARDECHOISE	moyenne
TEXAS	tardive
CRISTOMORTO	très tardive
AI	très tardive
TARDIVE de la VERDIERE	très tardive

II. METHODE D'ETUDE

Le programme d'hybridations que nous avons réalisé, par des méthodes classiques, comporte :

- le choix des variétés,
- la préparation du pollen
- la pollinisation.
- l'étude de la dormance des graines ainsi obtenues.

A. LE CHOIX DES VARIETES

Le choix des variétés est effectué de manière à recouvrir la période de la floraison de l'espèce Amandier, en partant des variétés les plus précoces (CAVALIERA), jusqu'aux plus tardives (CRISTOMORTO).

B. PREPARATION DU POLLEN

Pour préparer du pollen, les anthères sont prélevées sur des boutons floraux ayant évolué dans les conditions naturelles ou par forçage dans le laboratoire. Les anthères recueillies sont placées dans un dessicateur au chlorure de calcium pendant 2 à 3 jours. Après la dehiscence des anthères, les pollens sont stockés dans des tubes et conservés à une basse température (0° C environ), jusqu'à la pollinisation.

Le pollen ainsi préparé peut être utilisé pour la pollinisation des variétés les plus précoces ou les plus tardives. Le décalage entre une variété précoce et une variété tardive étant de 20 à 25 jours.

C. POLLINISATION

Après avoir isolé des boutons floraux au stade préfloral par ensachage de rameaux sous des manchons de papier blanc sulfurisé, on attend que la floraison ait progressé et que le stigmate soit réceptif. En raison de l'autoincompatibilité générale chez cette espèce, il n'est pas nécessaire de castrer les fleurs. L'apport du pollen choisi se fait au pinceau.

Les fruits issus de différents croisements sont récoltés à "maturité morphologique". Ensuite les graines débarrassées de leur endocarpe sont stérilisées et placées dans des terrines contenant du sable fin stérile, de manière que l'on puisse voir 1 à 2 millimètres de l'extrémité de la graine où se trouve l'embryon, les terrines sont recouvertes d'une feuille de nylon afin de limiter l'évaporation, et placées dans la chambre froide à 4° C $\pm$ 1.

On dénombre au fur et à mesure de leur apparition les graines dont la radicule s'est allongée de 1 à 2 millimètres. Elles sont visibles de l'extérieur en raison de la position des graines dans le sable. Nous avons noté tous les deux jours le nombre de graines germées, ainsi que le nombre de jours nécessaire à la germination de toutes les graines de l'ensemble des lots en traitement dans la chambre froide.

III. EXAMEN DES RESULTATS DES HYBRIDATIONS ET DES GERMINATIONS DES SEMENCES HYBRIDES.

Pour chaque variété utilisée comme parent femelle, nous donnerons dans des tableaux, le nombre des variétés pollinisatrices, le nombre des fleurs pollinisées, celui des fruits récoltés à maturité avec lesquels nous avons entrepris notre étude. Nous examinerons ensuite la vitesse de germination des différents lots de graines hybrides en fonction des parents mâles.

A. VARIETE ARDECHOISE UTILISEE COMME PARENT FEMELLE

TABLEAU 9

Résultats des hybridations de la variété ARDECHOISE pollinisée par diverses variétés pollinisatrices au cours du cycle végétatif de 1970.

Variétés pollinisatrices	Nombre de fleurs pollinisées	Nombre de fruits récoltés	% de fruits obtenus
TEXAS	305	50	16,4
AI	357	60	16,8
CRISTOMORTO	420	61	14,5

Analyse et discussion.

Dans la figure 29, nous avons représenté les courbes de germination des graines de la variété ARDECHOISE issues de différentes pollinisations au cours du traitement par le froid.

De l'examen de ces courbes, nous constatons :

a) les courbes de germination sont caractéristiques de la nature génétique du pollen de la variété pollinisatrice. Les variétés TEXAS et AI, à époque de floraison très tardive, dont les graines issues de fécondation libre ont des besoins en froid important (chapitre précédent), produisent une population de pollen qui confère aux semences hybrides une très grande tardivité de germination. Par contre, la variété CRISTOMORTO à phénotype "floraison très tardive" ne transmet pas par son pollen des besoins en froid important aux semences. Ceci confirme bien nos résultats précédents avec des graines provenant de pollinisation libre. Nous avions noté que les graines de cette variété (CRISTOMORTO) avaient des faibles besoins en froid et que pour ce caractère, elle se comportait comme une variété précoce.

La vitesse de germination est un autre indice qui permet de distinguer très nettement l'effet du pollen de ces trois variétés sur le comportement des graines de la variété ARDECHOISE utilisée comme parent femelle.

La comparaison du nombre de jours nécessaires pour atteindre 50 % de germination montre d'une manière très nette l'effet du pollen sur la vitesse de germination.

TABLEAU 10

Nombre de jours nécessaires pour atteindre 50 % de germination au cours du traitement à 4° C ± 1.

Variété femelle	Variétés pollinisatrices	Nombre de jours nécessaires pour atteindre 50 % de germination
ARDECHOISE	TEXAS	46
"	AI	31
"	CRISTOMORTO	28

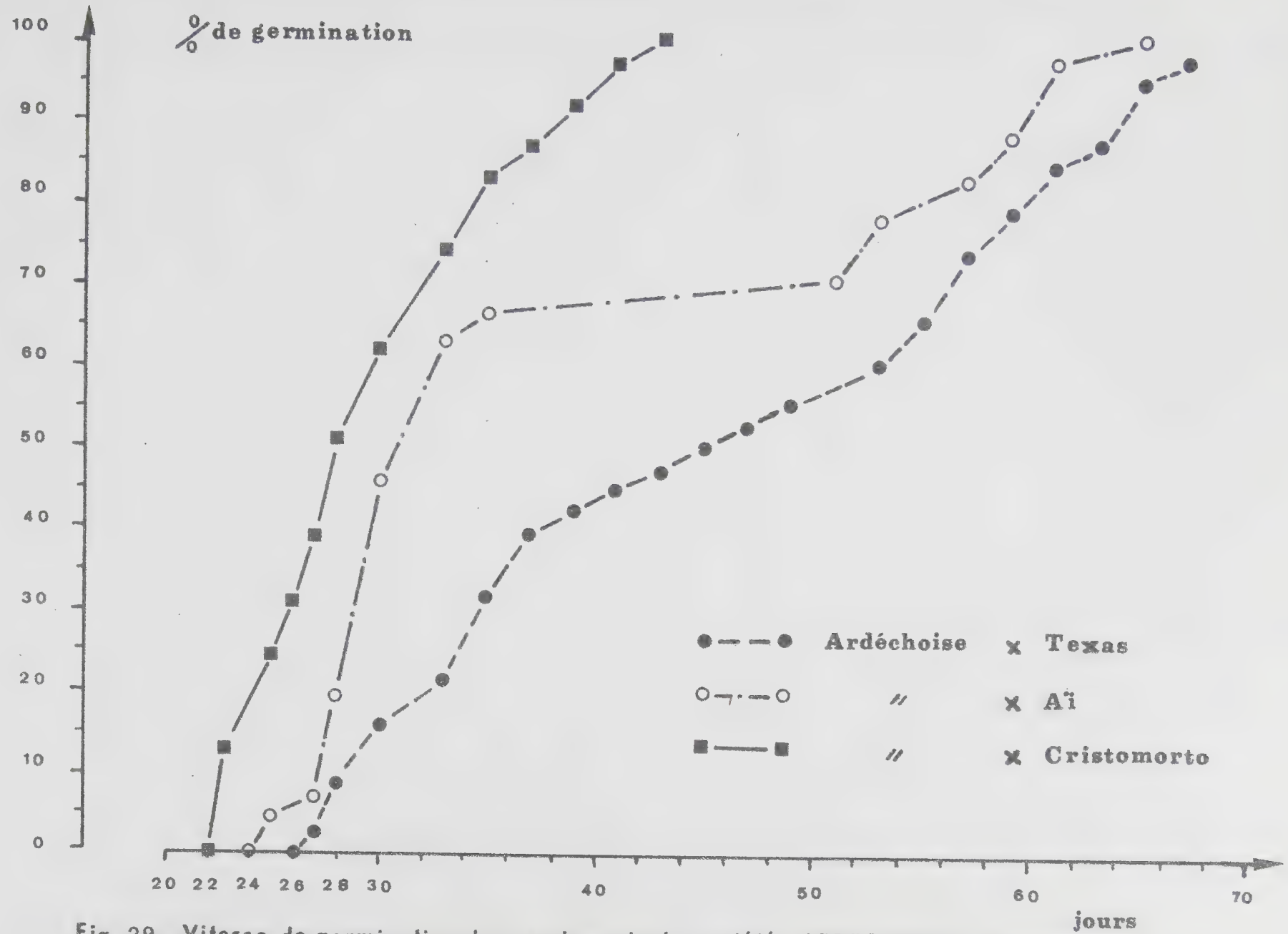


Fig. 29 _ Vitesse de germination des graines de la variété ARDECHOISE pollinisée par trois variétés d'époques de floraison différentes (cycle végétatif 1970).

b) La variété ARDECHOISE ayant une époque de floraison moyenne produit par pollinisation libre des graines à faibles besoins en froid. Si on pense que le comportement physiologique des graines vis-à-vis de leurs besoins en froid est en relation avec la nature génétique d'une population de grains de pollen, il faut admettre que dans ces croisements, la variété ARDECHOISE étant précoce, a réagi suivant la nature et la provenance des grains de pollen étrangers.

B. VARIETE NEC PLUS ULTRA UTILISEE COMME PARENT FEMELLE.

La pollinisation est faite dans les mêmes conditions que celles de la variété ARDECHOISE.

TABLEAU 11

Résultats des hybridations de la variété NEC PLUS ULTRA pollinisée par diverses variétés, au cours du cycle végétatif de 1971.

Variétés pollinisatrices	Nombre de fleurs pollinisées	Nombre de fruits récoltés	% de fruits obtenus
CRISTOMORTO	320	43	13,4
AI	310	50	16,1
ARDECHOISE	310	44	14,2

Analyse et discussion.

L'examen de la figure 30 concernant la germination des graines de la variété NEC PLUS ULTRA issues de différentes pollinisations montre :

a) que la variété ARDECHOISE (époque de floraison moyenne) à faibles besoins en froid n'a pas influencé le rythme de germination des graines de la variété femelle NEC PLUS ULTRA (époque de floraison moyenne) qui a également des graines à faibles exigences en froid.

Avec le pollinisateur CRISTOMORTO nous avons obtenu un résultat assez voisin de celui observé avec la variété ARDECHOISE. Par contre, sous l'influence du pollen de la variété AI, la vitesse de germination est faible et presque 24 % des graines de ce croisement ont une germination plus tardive.

b) que les graines issues du croisement NEC PLUS ULTRA par AI ont besoin d'une durée de traitement de l'ordre de 38 jours pour atteindre 50 % de germination. Par contre, dans les mêmes conditions, les graines issues du croisement NEC PLUS ULTRA par CRISTOMORTO et NEC PLUS ULTRA par ARDECHOISE atteignent 50 % de germination après 30 et 33 jours de traitement (tableau 12).

TABLEAU 12

Nombre de jours nécessaires pour atteindre 50 % de germination, au cours de traitement à 4° C ± 1.

Variété femelle	Variétés pollinisatrices	Nombre de jours nécessaires pour atteindre 50 % de germination
NEC PLUS ULTRA	AI	38
"	CRISTOMORTO	30
"	ARDECHOISE	33

C. VARIETE TEXAS UTILISEE COMME PARENT FEMELLE

La méthode de pollinisation est toujours la même. Sur cette variété, au cours de l'année 1970, nous n'avons pas réussi à obtenir de bons résultats en raison des gelées tardives au moment de la pollinisation. Nous donnerons seulement le résultat de l'année 1971.

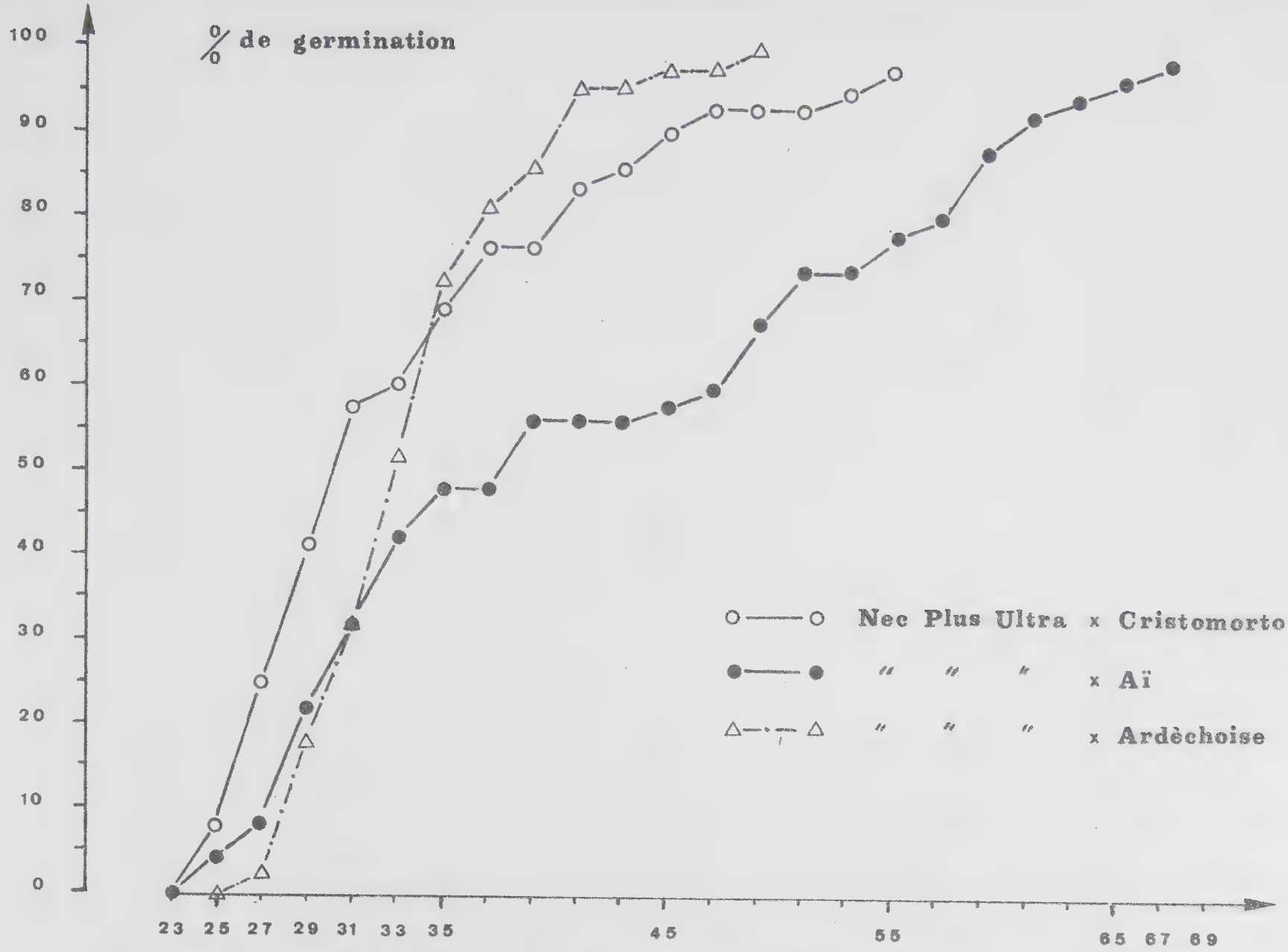


Fig. 30 — Vitesse de germination des graines de la variété NEC PLUS ULTRA pollinisée par trois variétés d'époques de floraison différentes (cycle végétatif 1971).

TABLEAU 13

Résultats des hybridations de la variété TEXAS pollinisée par diverses variétés au cours du cycle végétatif de 1971.

Variétés pollinisatrices.	Nombre de fleurs pollinisées	Nombre de fruits récoltés	% de fruits obtenus
NEC PLUS ULTRA	300	58	19,3
ARDECHOISE	300	40	13,3
CRISTOMORTO	300	85	28,3

Analyse et discussion.

Nous avons présenté dans la figure 31 le résultat du croisement de la variété TEXAS par trois autres variétés d'époques de floraison différentes. De l'issue de ces croisements, il ressort que :

a) la variété TEXAS à époque de floraison tardive et produisant en fécondation libre des graines à forts besoins en froid n'est pas influencée considérablement, quand elle est utilisée comme parent femelle, par la nature génétique des populations des grains de pollen provenant de variétés à floraison précoce. Autrement dit, cette variété semble transmettre ses besoins importants en froid de manière dominante. Les différentes variétés utilisées comme pollinisateurs ne modifient que légèrement la date de germination.

La vitesse de germination est en général très faible quel que soit la provenance du pollen. Celle-ci est cependant plus ralentie avec des pollinisateurs à assez forts besoins en froid qu'avec des pollinisateurs à faibles exigences. Les graines issues du croisement TEXAS par NEC PLUS ULTRA germent plus rapidement que ceux produits par les croisements TEXAS par CRISTOMORTO ou TEXAS par ARDECHOISE.

b) la comparaison du nombre de jours nécessaires pour atteindre 50 % de germination des graines dans ces trois croisements explique mieux la différence de vitesse de germination due aux caractères génétiques du pollen.

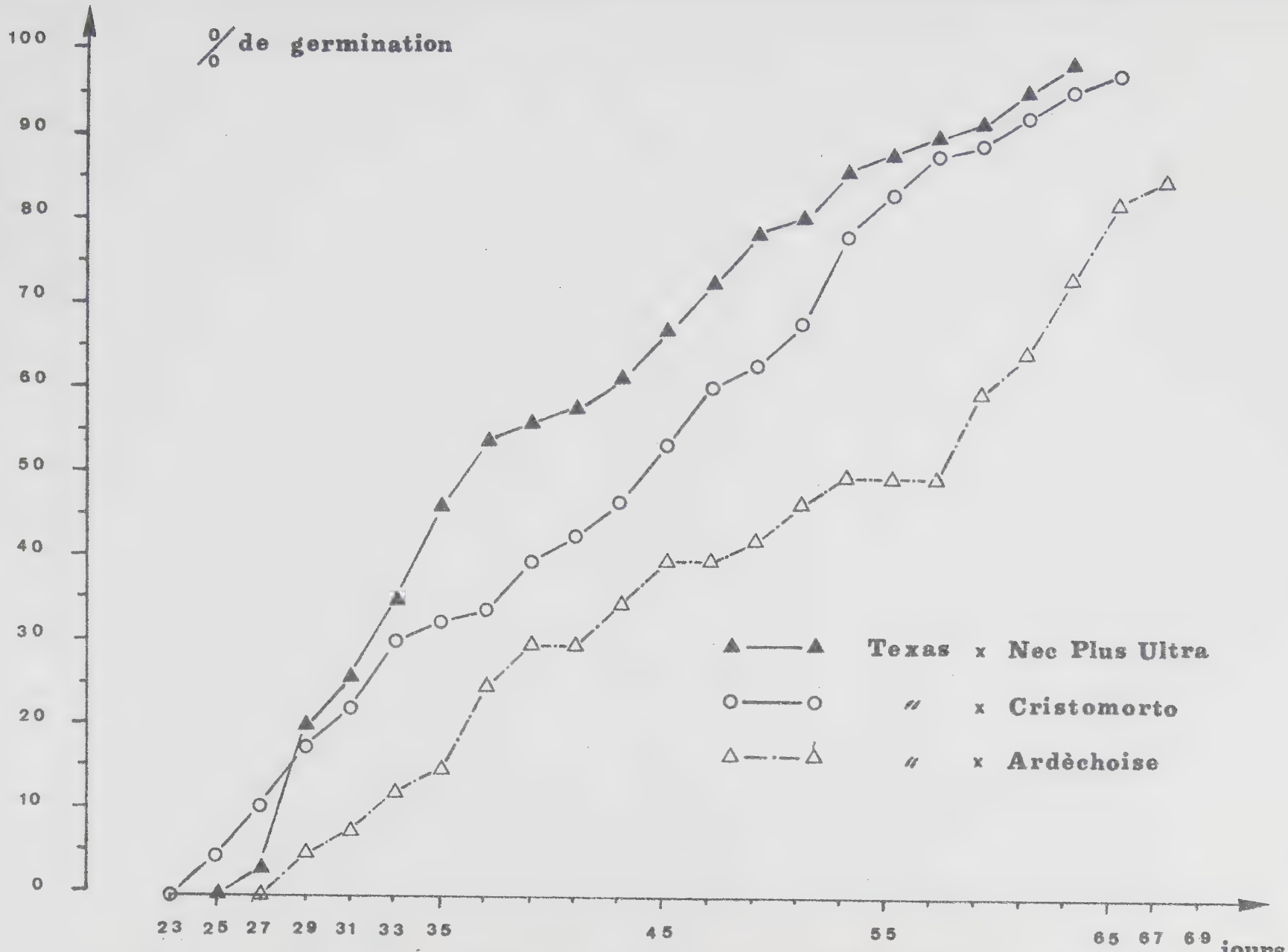


Fig. 31 – Vitesse de germination des graines de la variété TEXAS pollinisée par trois variétés d'époques de floraison différentes (cycle végétatif 1971).

TABLEAU 14

Nombre de jours nécessaires pour atteindre 50 % de germination au cours de traitement à 4° C ± 1.

Variété femelle	Variétés pollinisatrices	Nombre de jours nécessaires pour atteindre 50 % de germination
TEXAS	NEC PLUS ULTRA	36
"	CRISTOMORTO	44
"	ARDECHOISE	53

D. VARIETE CRISTOMORTO UTILISEE COMME PARENT FEMELLE.

La variété CRISTOMORTO ayant une époque de floraison très tardive et une résistance assez importante vis-à-vis des gelées tardives, nous a permis d'obtenir suffisamment de fruits au cours du cycle végétatif 1970 et 1971. Sur cette variété, après isolement des rameaux florifères et ouverture complète des fleurs sous manchon, nous avons effectué les pollinisations qui sont indiquées dans le tableau 15.

TABLEAU 15

Résultats des hybridations de la variété CRISTOMORTO pollinisée par diverses variétés au cours du cycle végétatif de 1970 et 1971.

Année	Variétés pollinisatrices	Nombre de fleurs pollinisées	Nombre de fruits récoltés	% de fruits obtenus
1970	CAVALIERA	400	44	11,0
	NEC PLUS ULTRA	400	76	19,0
	ARDECHOISE	280	60	21,4
	TEXAS	280	55	19,6
	AI	580	73	12,5
	TARDIVE de la VERDIERE	260	40	15,3
1971	CAVALIERA	300	75	25,0
	NEC PLUS ULTRA	300	86	28,6
	ARDECHOISE	300	97	32,3
	TEXAS	300	110	36,6
	AI	300	125	41,6

Analyse et discussion.

Dans les figures 32 et 33, nous avons présenté les courbes de germination des graines de la variété CRISTOMORTO issues de croisement avec diverses variétés à époques de floraison différentes, au cours de l'année 1970 et 1971.

En examinant ces courbes, nous constatons :

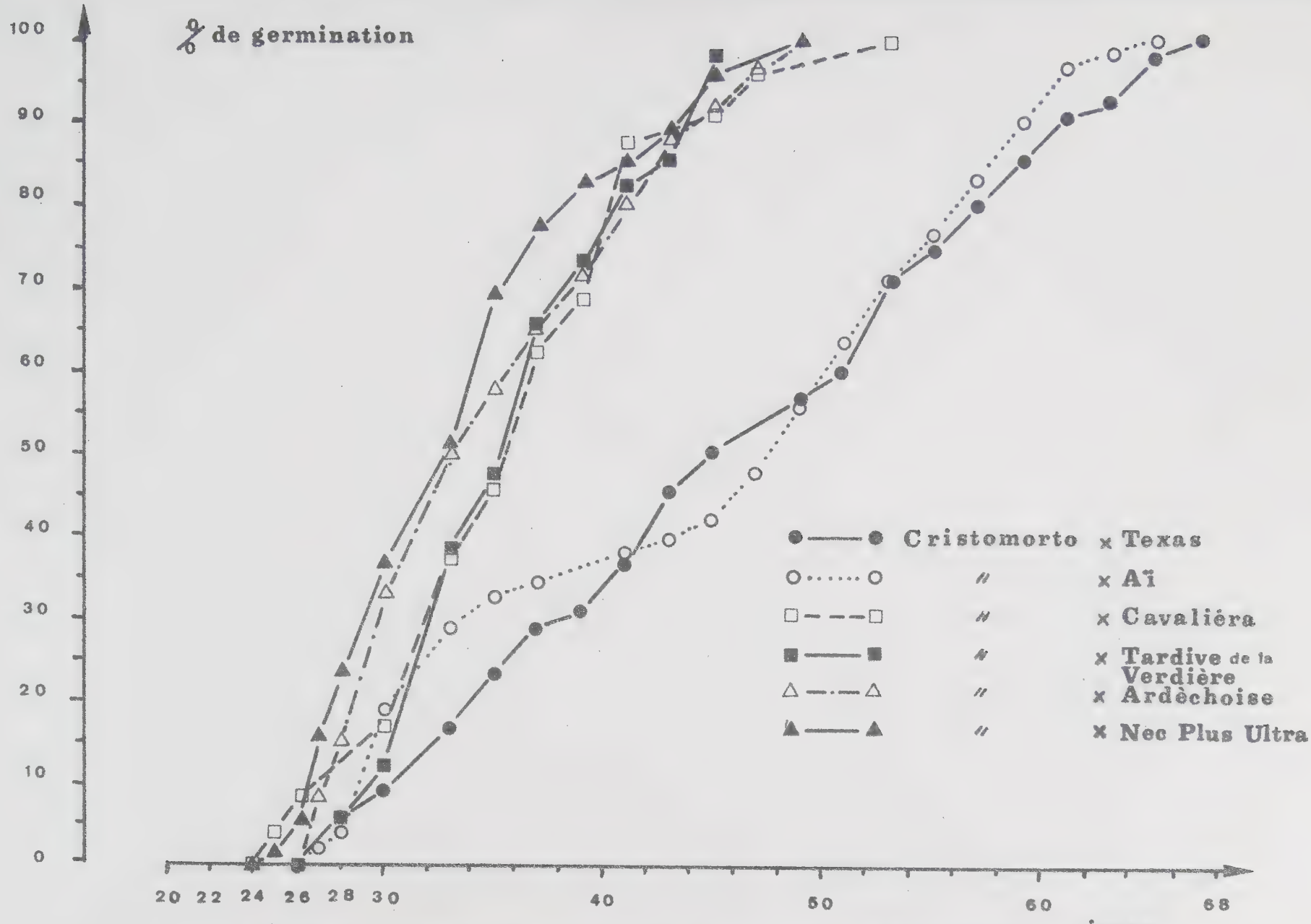


Fig. 32 – Vitesse de germination des graines de la variété CRISTOMORTO par six variétés d'époques de floraison différentes (cycle végétatif 1970).

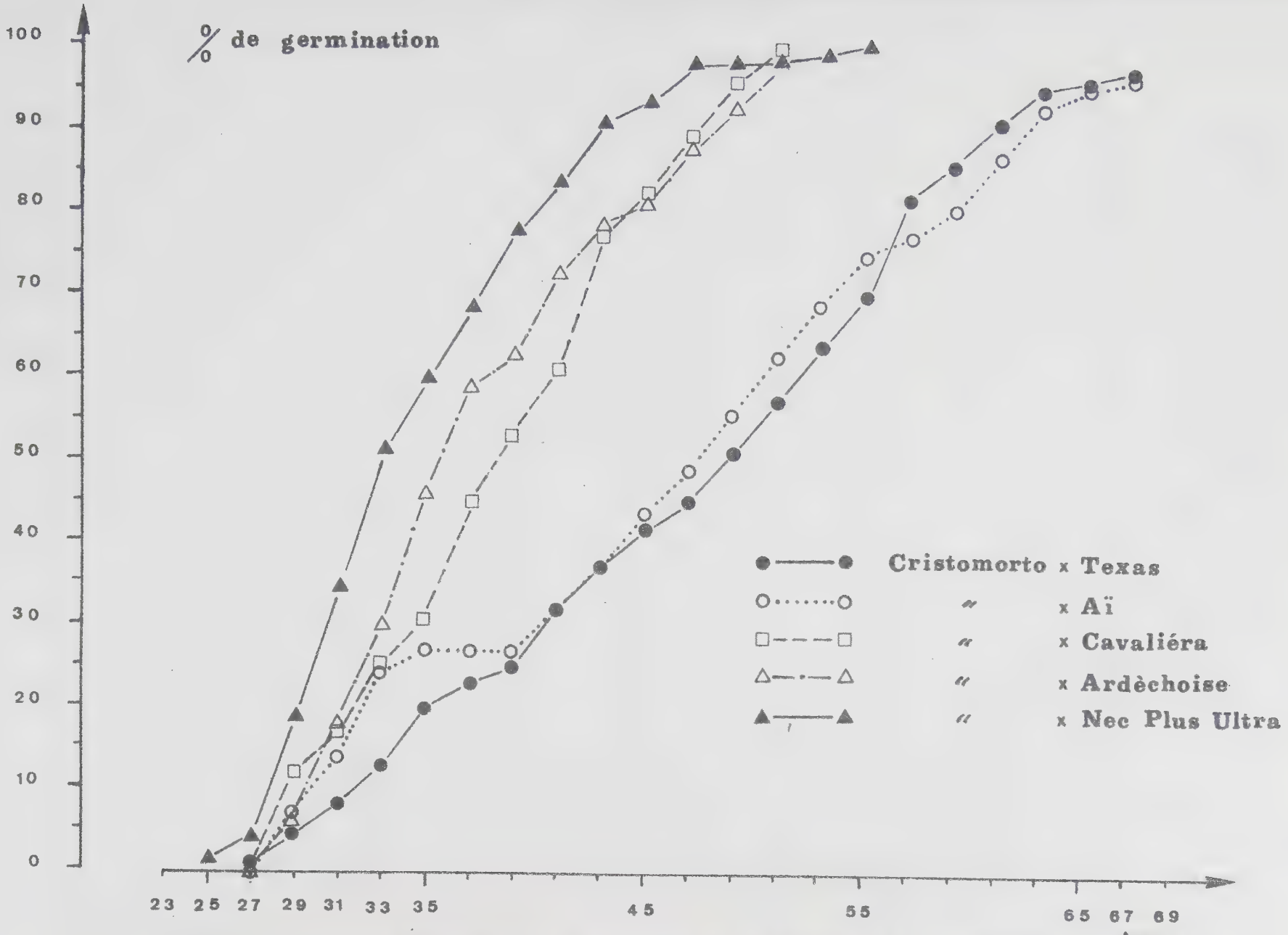


Fig. 33 – Vitesse de germination des graines de la variété CRISTOMORTO pollinisée par cinq variétés d'époques de floraison différentes (cycle végétatif 1971).

a) une différence très nette entre les courbes de germination des graines qui nécessitent des forts besoins en froid produits par des variétés précoces et parfois tardives et celles obtenues avec des graines moins exigeantes en froid, et de ce fait, les courbes de germination se sont groupées suivant les caractères physiologiques des pollinisateurs.

En effet, nous avions signalé précédemment que les variétés CAVALIERA (très précoce) ; NEC PLUS ULTRA (époque de floraison moyenne) ; ARDECHOISE (époque de floraison moyenne) et TARDIVE de la VERDIERE (très tardive), produisent toutes des graines à faibles besoins en froid. Par contre, les graines des variétés TEXAS (tardive) et AI (très tardive) sont plus exigeantes. L'influence de ces caractères est remarquable sur le comportement des graines de la variété femelle CRISTOMORTO, ayant elle-même de faibles besoins en froid.

b) en ce qui concerne la vitesse de germination, nous constatons que celle-ci est très rapide dans des croisements où les parents mâles sont moins exigeants en froid, et assez lente quand on utilise des pollinisateurs plus exigeants en froid.

Dans le tableau 16, nous avons donné le nombre de jours nécessaires à la germination de 50 % des graines issues de différents croisements.

L'examen de ce tableau montre que le temps nécessaire pour atteindre les 50 % de germination varie de 33 à 36 jours quand le pollinisateur est moins exigeant en froid et de 47 à 51 jours dans le cas où nous avons utilisé les variétés AI et TEXAS comme parent mâle.

TABLEAU 16

Nombre de jours nécessaires pour atteindre 50 % de germination au cours de traitement à 4° C ± 1.

Année	Variété femelle	Variétés pollinisatrices	Nombre de jours nécessaires pour atteindre 50 % de germination
1970	CRISTOMORTO	NEC PLUS ULTRA	34
	"	ARDECHOISE	35
	"	CAVALIERA	36
	"	TARDIVE de la VERDIERE	36
	"	AI	50
	"	TEXAS	51
1971	CRISTOMORTO	NEC PLUS ULTRA	33
	"	ARDECHOISE	36
	"	CAVALIERA	38
	"	AI	47
	"	TEXAS	49

c) Nous avons obtenu exactement les mêmes résultats au cours de deux années consécutives de notre expérience.
Ceci montre la valeur de la technique préconisée par KESTER (1969).

E. VARIETE AI UTILISEE COMME PARENT FEMELLE.

Nous avons pollinisé la variété AI avec deux variétés au cours de l'année 1970 et cinq autres variétés au cours de l'année 1971.

TABLEAU 17

Résultats des hybridations de la variété AI pollinisée par diverses variétés au cours du cycle végétatif 1970 et 1971.

Année	Variétés pollinisatrices	Nombre de fleurs pollinisées	Nombre de fruits récoltés	% de fruits obtenus
1970	ARDECHOISE	310	47	15,1
	CRISTOMORTO	315	48	15,2
1971	CAVALIERA	300	50	16,6
	NEC PLUS ULTRA	300	50	16,6
	ARDECHOISE	300	50	16,6
	CRISTOMORTO	300	75	25,0
	TEXAS	310	66	21,2

Analyse et discussion.

Les courbes de germination des graines de la variété AI issues de pollinisation de plusieurs variétés d'Amandier d'époque de floraison différentes au cours du cycle végétatif 1970 et 1971 sont données dans les figures 34 et 35.

l'examen ce ces courbes montre que :

a) la variété AI, à époque de floraison très tardive et ayant, dans des conditions de fécondation libre, des graines à forts besoins en froid, a réagi de manière sensiblement différente aux divers pollens. Les graines issues de croisement AI par TEXAS, dont les deux variétés présentent de forts besoins en froid, montrent une germination très lente. Par contre, les graines issues des croisements AI par CAVALIERA ; AI par NEC PLUS ULTRA ; AI par ARDECHOISE et AI par CRISTOMORTO dont les parents mâles sont moins exigeants en froid germent assez rapidement et leurs courbes de germination ne diffèrent pas sensiblement les unes des autres.

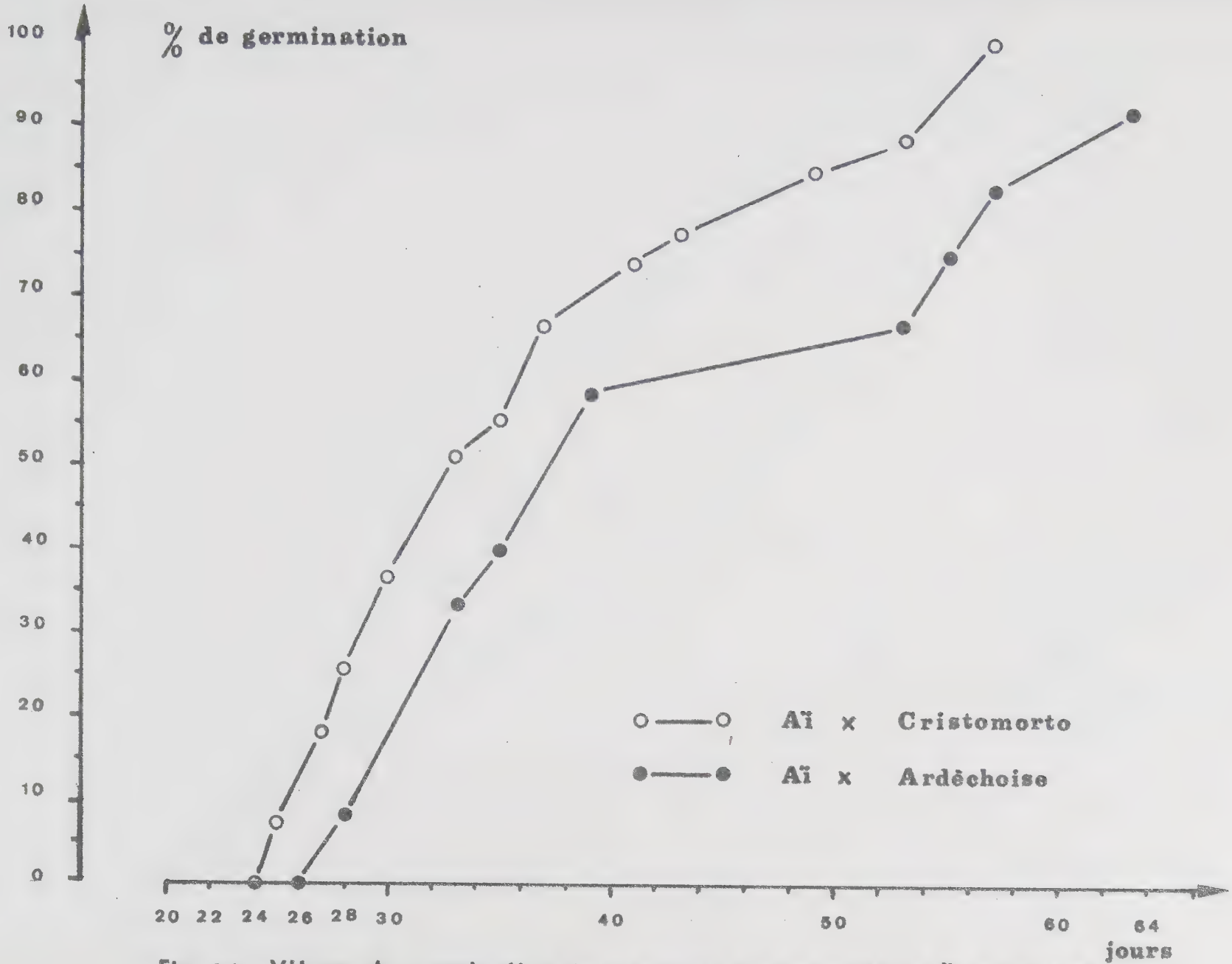


Fig. 34 – Vitesse de germination des graines de la variété AÏ pollinisée par deux variétés d'époques de floraison différentes (cycle végétatif 1970).

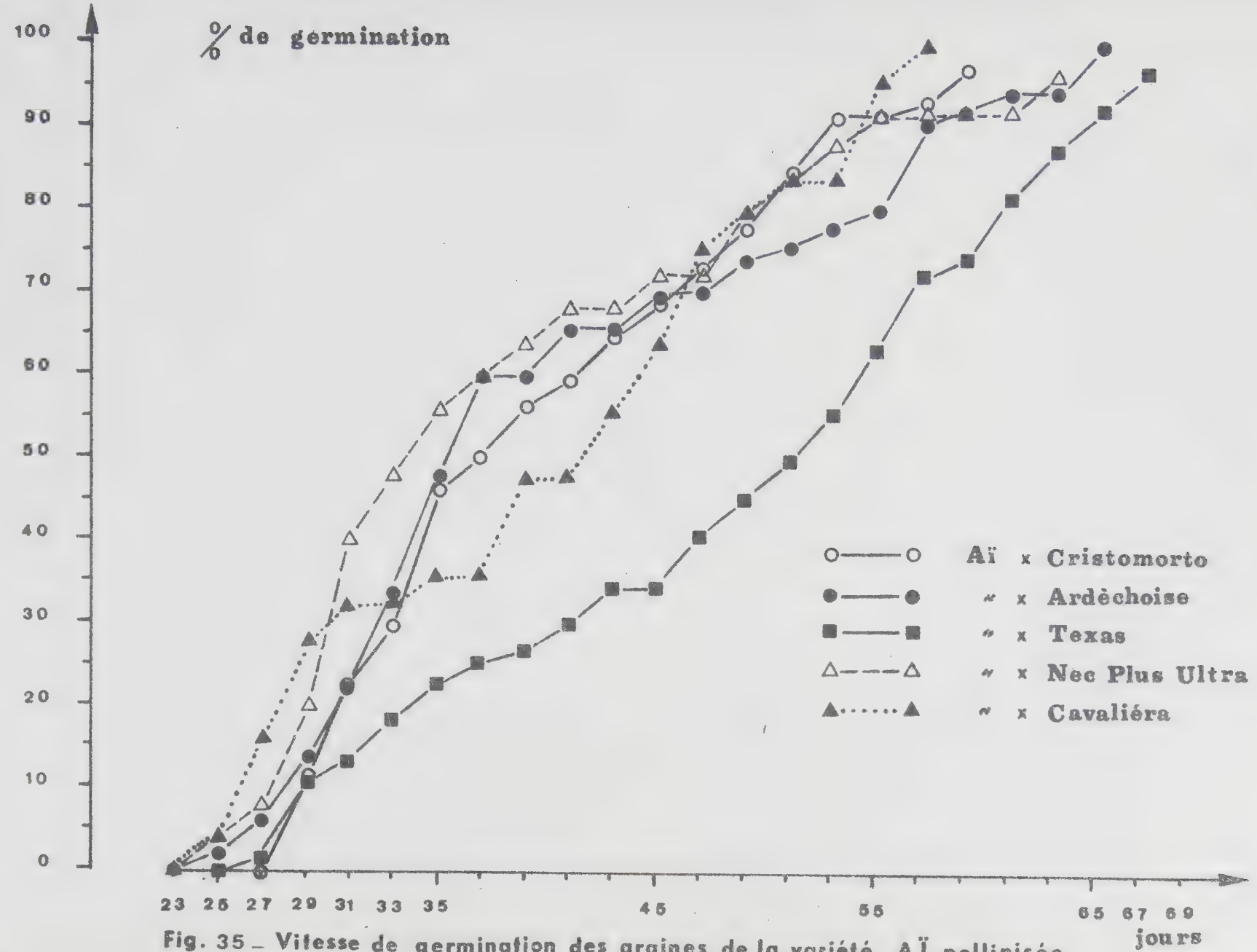


Fig. 35 _ Vitesse de germination des graines de la variété AÏ pollinisée par cinq variétés d'époques de floraison différentes (cycle végétatif 1971).

Cependant nous constatons que la variété NEC PLUS ULTRA utilisée comme parent mâle permet une germination plus rapide comme nous l'avons déjà observé dans tous les autres croisements.

b) la comparaison du nombre de jours nécessaires pour atteindre les 50 % de germination dans les différents croisements (tableau 18) montre qu'avec la variété TEXAS, utilisée comme parent mâle, il faut au moins 51 jours pour atteindre ce pourcentage alors que dans les autres croisements ce pourcentage est atteint après une durée variant de 33 à 42 jours.

TABLEAU 18

Nombre de jours nécessaires pour atteindre 50 % de germination au cours de traitement à 4° C ± 1.

Année	Variété femelle	Variétés pollinisatrices	Nombre de jours nécessaires pour atteindre 50 % de germination
1970	AI	CRISTOMORTO	33
	"	ARDECHOISE	37
1971	AI	NEC PLUS ULTRA	34
	"	ARDECHOISE	36
	"	CRISTOMORTO	37
	"	CAVALIERA	42
	"	TEXAS	51

c) Nous avons obtenu les résultats analogues au cours de deux années consécutives d'expérience.

EN RESUME :

L'étude des besoins en froid des graines issues de croisements entre variétés d'époques de floraison différentes montre que :

. les besoins en froid des graines issues d'une variété donnée sont influencés d'une part par la nature génétique de la variété femelle, d'autre part par la nature génétique de la variété pollinisatrice.

a) l'influence de la variété mère est difficile à préciser exactement en raison de l'autoincompatibilité florale de cette espèce. Cependant, l'étude des besoins en froid des graines issues de fécondation libre permet d'en avoir une idée. On peut ainsi classer les variétés par ordre croissant de besoins en froid de leurs graines et mettre en évidence l'influence maternelle.

Variétés	Besoins en froid des graines
CAVALIERA	faibles
MARCONA	faibles
NEC PLUS ULTRA	faibles
CRISTOMORTO	faibles
TARDIVE de la VERDIERE	faibles
DESMAYO	moyens
TEXAS	très forts
AI	très forts

b) L'influence de la variété pollinisatrice a été étudiée dans de multiples combinaisons, il apparaît que :

- Si l'on croise une variété ayant le caractère "besoins en froid des graines" à un niveau donné, par une autre variété pollinisatrice de même niveau, les graines hybrides montrent également le même besoin en froid.

Exemple :

CRISTOMORTO (B.F.G. faibles) × TARDIVE de la VERDIERE (B.F.G. faibles)

↓

graines à B.F. faibles

AI (B.F.G. très forts) × TEXAS (B.F.G. très forts)

↓

graines à B.F. très forts

- l'utilisation d'une variété pollinisatrice ayant un besoin en froid des graines différent de celui de la variété utilisée comme parent femelle modifie les besoins en froid des graines hybrides.

- les besoins en froid des graines de la variété pollinisatrice transmis par son pollen modifient dans le sens attendu les besoins en froid des graines.

Cependant l'influence d'un pollen d'une variété à forts besoins en froid des graines sur une variété à faibles besoins en froid des graines influence plus les besoins en froid des graines vers la tardivité que ne le fait un pollen d'une variété à faibles besoins en froid des graines sur une variété à forts besoins en froid des graines (Fig. 36).

Exemple :

CRISTOMORTO (B.F.G. faibles) × TEXAS (B.F.G. très forts)

↓

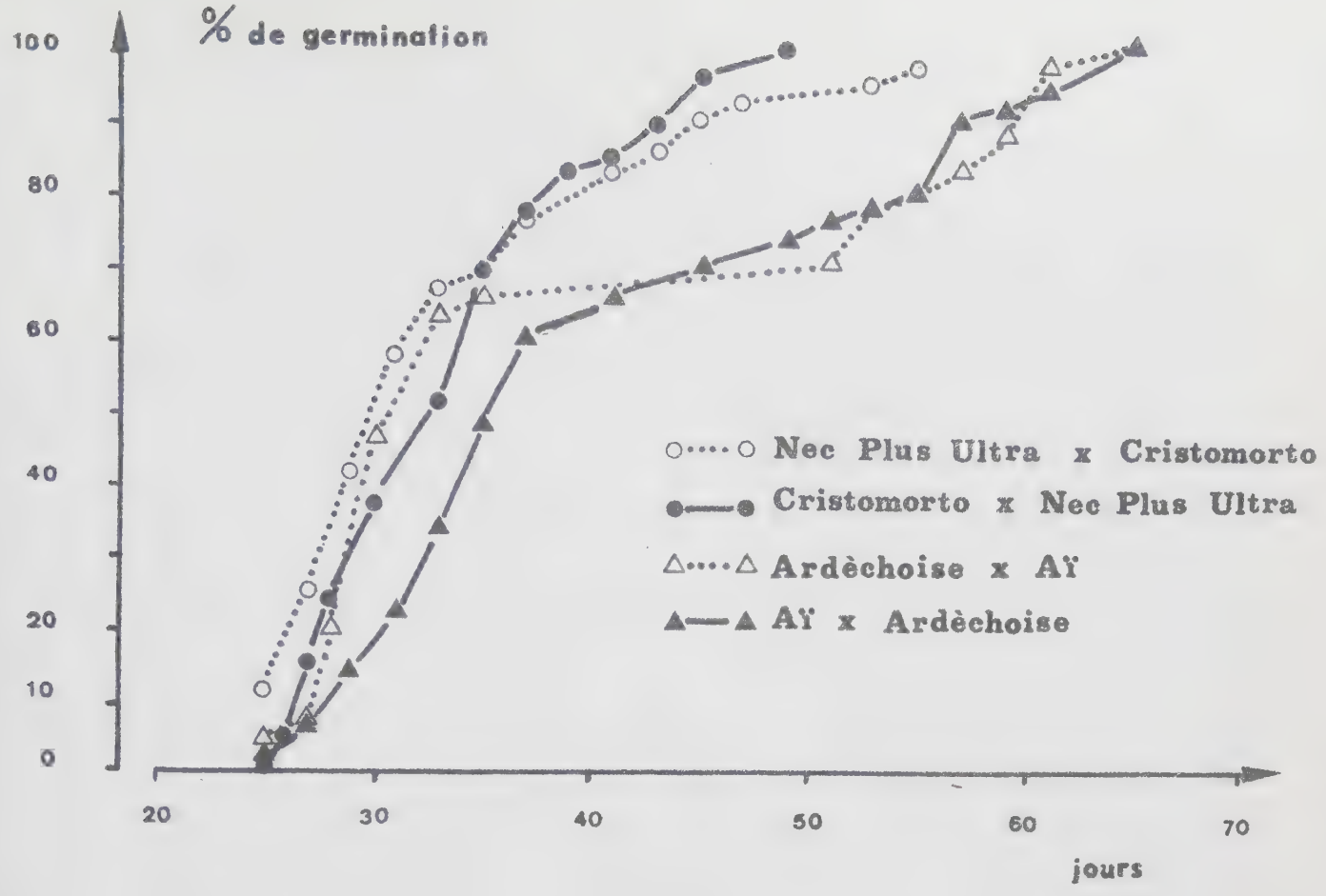
graines à B.F. très forts

TEXAS (B.F.G. très forts) × CRISTOMORTO (B.F.G. faibles)

↓

graines à B.F. forts

B.F.G. = besoins en froid des graines.
B.F. = besoins en froid.



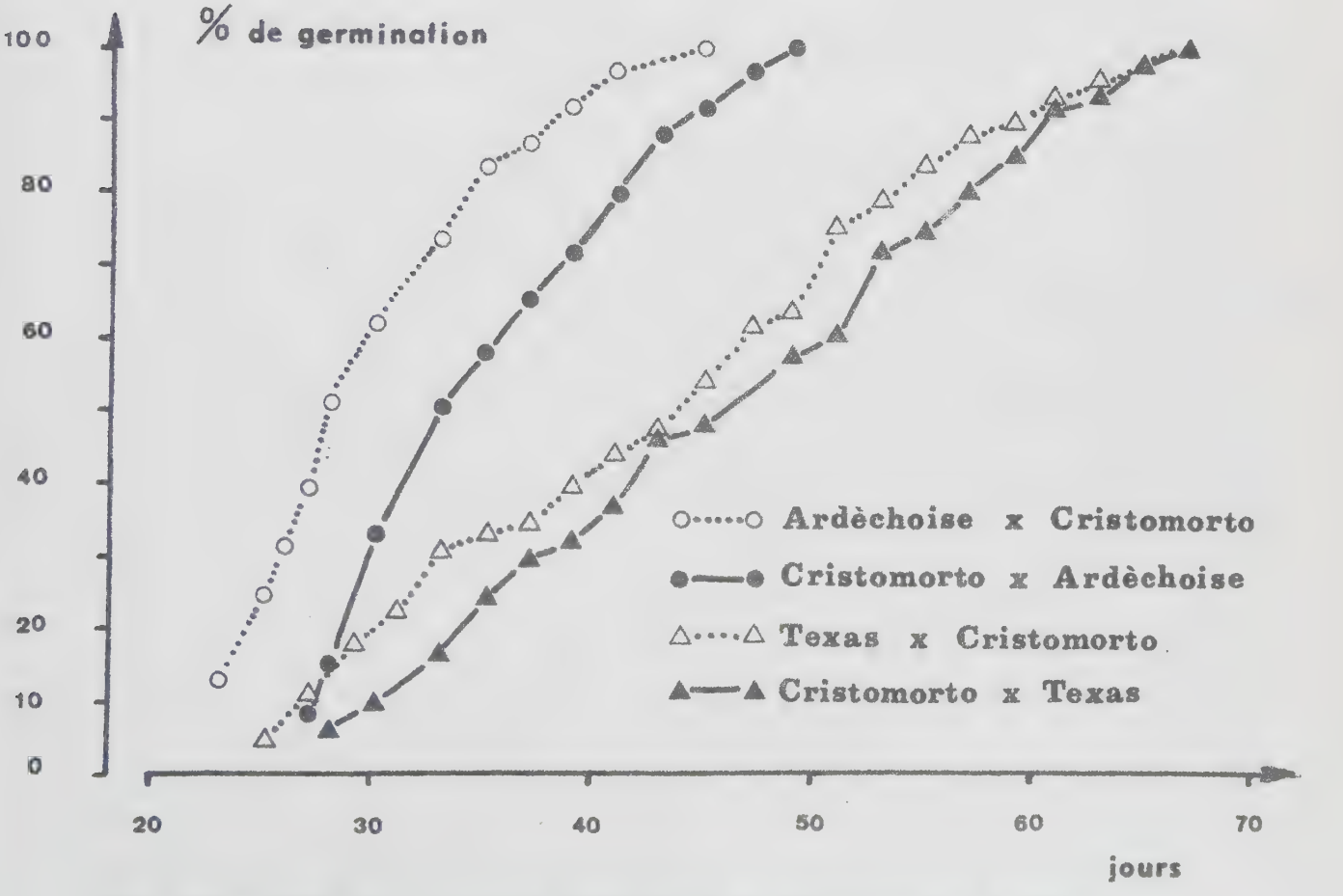


Fig. 36 — Effet de l'origine génétique du pollen sur les besoins en froid des graines dans des croisements réciproques.

CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE

L'existence du caractère d'autoincompatibilité chez l'espèce Amandier a provoqué une grande variabilité des caractères. C'est le cas de certains caractères physiologiques comme la tardivité ou la précocité de floraison et l'exigence en froid nécessaire à la levée de la dormance des graines. L'étude qui a été réalisée nous a permis de mettre en évidence une relation générale qui existe souvent entre *l'époque de floraison* des variétés et *les besoins en froid des graines* qui en sont issues. Ainsi une variété à époque de floraison tardive produit, dans des conditions de pollinisation libre, des graines ayant de forts besoins en froid. La caractéristique réciproque s'observe également. Cependant cette loi n'est pas absolue et certaines variétés d'époque de floraison très tardive comme *CRISTOMORTO, TARDIVE de la VERDIERE,* produisent des populations de graines à faibles besoins en froid. A l'opposé, certaines variétés à époque de floraison précoce comme *DESMAYO et ARDECHOISE* donnent des semences qui exigent une quantité importante de froid pour que leur dormance soit levée.

L'étude concernant l'influence de l'origine génétique du pollen sur les besoins en froid des graines nous a permis de conclure que la date de germination des graines d'une variété quelconque est influencée par la nature du pollen. Le comportement de ce dernier est en relation étroite avec celui du génotype des graines de la variété produisant le pollen. Les variétés dont les semences, même issues de fécondation libre, ont de forts besoins en froid (TEXAS et AI) conservent toujours, qu'elles soient utilisées comme parent femelle ou parent mâle, la possibilité de transmettre cette forte exigence en froid. De ce fait, les graines issues des croisements où ces dernières variétés ont été utilisées comme l'un des parents, demandent un temps de stratification relativement long pour lever leur dormance.

Par contre, les variétés à époque de floraison très tardive, dont les graines issues de fécondation libre ont un besoin en froid peu important, (CRISTOMORTO, TARDIVE de la VERDIERE) donnent des graines dont le comportement à la germination sera influencé fortement par le pollinisateur. KESTER (1969) a signalé qu'une variété à époque de floraison précoce, utilisée soit comme parent mâle, soit comme parent femelle, donnait naissance à une population des graines de faibles besoins en froid. Nos travaux ont montré que cette conclusion n'était valable que dans le cas où les variétés considérées avaient un faible besoin en froid pour leurs graines, mais ne s'applique pas lorsqu'il s'agit d'une variété où il n'y a pas parallèlisme entre époque de floraison et besoin en froid des graines (exemple : variété DESMAYO, à époque de floraison précoce et forts besoins en froid des graines).

Si les caractères époque de floraison et besoins en froid des graines apparaîssent souvent liés, il semble bien que dans certains cas, ces caractères puissent être indépendants. Ceci peut être fort utile à considérer dans l'élaboration d'un programme d'amélioration de l'espèce Amandier, en particulier lorsque l'on envisage la création de variétés hybrides de F_1 multipliées par graines et destinées à des régions à hiver très doux.

On peut supposer que le besoin de froid nécessaire à la germination des graines soit sous la dépendance d'un certain nombre de facteurs génétiques (f induisant un faible besoin en froid, et F un fort besoin). On peut schématiquement expliquer le comportement des séries de graines hybrides en considérant qu'il existe dans chaque génome des groupements de trois facteurs relativement liés dont les effets se cumulent (tableau 19).

Dans les variétés qui nous occupent et sauf pour la variété AI, on peut penser que ces groupes de facteurs sont à l'état homozygotes.

Enfin, il est assez logique d'admettre que lorsqu'il y a égalité entre le nombre de facteurs f et F, on se trouve en présence de lots de graines à faibles besoins en froid, ce qui suppose une certaine dominance des facteurs f sur les facteurs F.

Lorsque la variété AI est utilisée comme pollinisateur, il apparaît qu'il donne deux types d'embryons, l'un avec des besoins en froid importants et l'autre faibles. On peut admettre qu'il y a une disjonction d'origine pollinique pour ce caractère du type 1-1. Cette disjonction en ce qui concerne la formation des gamètes femelles apparaît moins nettement. Le type fFF étant peut-être accompagné à ce niveau d'un facteur défavorable.

TABLEAU 19

Besoins de froid nécessaires à la germination des embryons

Géniteur ♂ / ♀	NEC PLUS ULTRA fff fff	CRISTOMORTO fff fff	ARDECHOISE fff fff	TEXAS FFF FFF	AI FFF fff
PLUS ULTRA fff fff		faible (37) ffffff 27	faible (35) ffffff 27		faible (moitié des embryons) ffffff fort (moitié des embryons) fffff (51) 30
TOMORTO fff fff	faible (37) ffffff 29		faible (40,5) ffffff 30,5	fort (55,5) fffff 36,5	faible (moitié des embryons) ffffff fort (moitié des embryons) ffff (54,5) 32,5
CHOISE fff fff		faible (33) ffffff 25		fort (57) fffff 33	faible (moitié des embryons) ffffff fort (moitié des embryons) fffff (57) 28
AS FFF FFF	fort (48) fffff 36	fort (52) fffff 44	fort (62) fffff 37		
FFF (fff)	fort (45) fffff 29	fort (44) fffff 29,5	fort (52,5) fffff 31	très fort (59) FFFFF 37	

Les nombres indiqués entre-paranthèse, et ceux qui sont soulignés, correspondent respectivement au nombre de jours de froid nécessaires pour obtenir respectivement 75 % et 25 % de germination.

TROISIEME PARTIE

RECHERCHE D'UNE RELATION ENTRE LA DORMANCE DES BOURGEONS ET CELLE DES EMBRYONS

L'époque de floraison de l'Amandier est considérée comme le facteur essentiel qui détermine la zone de culture et la possibilité d'extension de cette espèce. Dans des régions où les gelées tardives sont fréquentes, les variétés à floraison précoce sont souvent endommagées et par conséquent perdent leur récolte. Le risque est d'autant plus grand que la variété est plus précoce.

Dans ces conditions, seules les variétés à floraison tardive peuvent échapper aux gelées. Depuis fort longtemps, les sélectionneurs ont essayé de créer des variétés à floraison tardive, tout en cherchant à améliorer leurs autres caractères agronomiques.

La précocité de floraison d'une variété dépend de sa vitesse de réponse aux variations de température et de l'intensité de la dormance de ses bourgeons. La mesure de l'intensité, l'appréciation de la durée de la dormance des bourgeons, constituent un moyen indirect de prévoir la précocité de floraison. Pour les sélectionneurs, ces deux données seront utiles ; il sera en effet logique de sélectionner des variétés à faible dormance pour les régions à hiver doux et des variétés à forte dormance pour les régions à hiver rigoureux.

Dans cet exposé, nous aborderons tout d'abord les problèmes concernant la dormance des bourgeons végétatifs, ensuite, nous essayerons d'établir les relations possibles entre l'intensité de la dormance des bourgeons à bois et celle des embryons de la même variété issus de fécondation libre.

Par ailleurs, dans les études que nous avons réalisées précédemment, nous avons montré que si l'on classe des variétés en fonction de leur précocité de floraison, ce classement se retrouve dans la dormance des graines que l'on obtient par fécondation libre de ces variétés. Il est donc normal de voir si le classement des variétés en fonction de la dormance de leurs bourgeons est le même que celui des intensités de dormance des graines qui proviennent de ces variétés.

CHAPITRE I

ETUDE DE LA DORMANCE DES BOURGEONS VEGETATIFS

Nous avons étudié, chez quelques variétés d'Amandier, la dormance des bourgeons végétatifs à partir du mois de Juillet, jusqu'au stade de prédébourrement en Janvier. Le comportement des bourgeons à bois a été observé à trois températures différentes (15° C, 20° C, et 25° C). On a pu ainsi apprécier l'intensité et la durée de leur dormance.

I. MATERIEL VEGETAL UTILISE

Cette étude a été effectuée avec des variétés dont nous avions étudié précédemment la dormance des graines ; il s'agit de :

a) NEC PLUS ULTRA à époque de floraison moyenne.

b) TEXAS, à époque de floraison tardive.

c) CRISTOMORTO, à époque de floraison très tardive.

En plus de ces variétés, nous avons utilisé la variété CAVALIERA à époque de floraison très précoce et deux variétés locales de provenance de la région d'Azerbaïdjan, située au nord ouest de l'Iran (1). Ces dernières, dans les conditions climatiques de Nîmes, fleurissent avant toutes les autres (entre le 20 et le 25 Février).

II. METHODE D'ETUDE

A partir du mois de Juillet, tous les quinze jours, les rameaux nécessaires ont été prélevés au hasard sur des arbres de la collection. Après effeuillage, les rameaux étaient fractionnés en boutures à un oeil. Chaque bouture comprend un demi-centimètre de mérithalle en dessus du bourgeon et 2,5 à 3 centimètres au dessous, ce qui donne une longueur totale de 3 à 4 centimètres (POUGET 1963). La longueur des mérithalles étant réduite sur les pousses de l'Amandier, il était impossible de préparer des boutures plus longues que celles que nous avons décrites (figure 37).

---

(1) - Ces variétés ont été introduites en 1963 pour l'étude de leur comportement vis-à-vis de la résistance aux maladies.

Les boutures ainsi préparées étaient plantées dans du sable humide désinfecté préalablement pendant une heure à 120° C. La plantation respectait l'ordre des bourgeons tel qu'il était le long du rameau. Cette méthode devant permettre d'étudier l'existence d'un éventuel gradient de débourrement le long du rameau.

Pour chaque variété, nous avons planté vingt boutures provenant de cinq rameaux (numérotés de 1 à 20), ce qui donne un total de 100 boutures pour chaque variété par prélèvement.

Les boutures ainsi plantées dans du sable humide, étaient placées dans des chambres climatisées à 15° C, 20° C et 25° C.

Les observations de débourrement ont été effectuées tous les jours et pendant trente jours sur les bourgeons végétatifs au stade correspondant à la sortie de la première feuille. Les bourgeons n'ayant pas débourré au cours de 30 jours de traitement étaient considérés comme dormants.

Il faut signaler que l'incapacité de débourrement des bourgeons latents sur le pied mère, est due à l'inhibition exercée par les sommets végétatifs en forte croissance et par les feuilles adultes. Ce phénomène nommé "inhibition par correlation" a été étudié par CHAMPAGNAT (1955-1965) sur les plantes ligneuses. La fragmentation du rameau en boutures et la suppression des feuilles permet d'éviter cette inhibition.

A partir des pourcentages journaliers de débourrement au cours de 30 jours de traitement, nous avons établi pour chaque prélèvement un indice : *énergie de débourrement*, utilisé par MONET et BASTARD (1969) pour déterminer l'intensité de la dormance des bourgeons de Pêcher. Cet indice se calcule comme l'énergie de germination proposée par TIMSON (1963) pour exprimer l'intensité de la dormance des graines. Il représente la somme des pourcentages de débourrement pendant la durée de l'expérience pour chaque prélèvement (30 jours dans nos études).

NIGON (1967), travaillant sur la dormance des bourgeons de la vigne, exprime l'intensité de la dormance par un autre indice qu'il appelle *"la moyenne harmonique"*. Par cette méthode, l'intensité de la dormance est en rapport direct avec la moyenne harmonique des vitesses de débourrement. Le résultat de l'expérience étant semblable pour les deux méthodes, nous avons exprimé l'intensité de la dormance par l'énergie de débourrement (E.D.) en raison de son calcul assez simple.

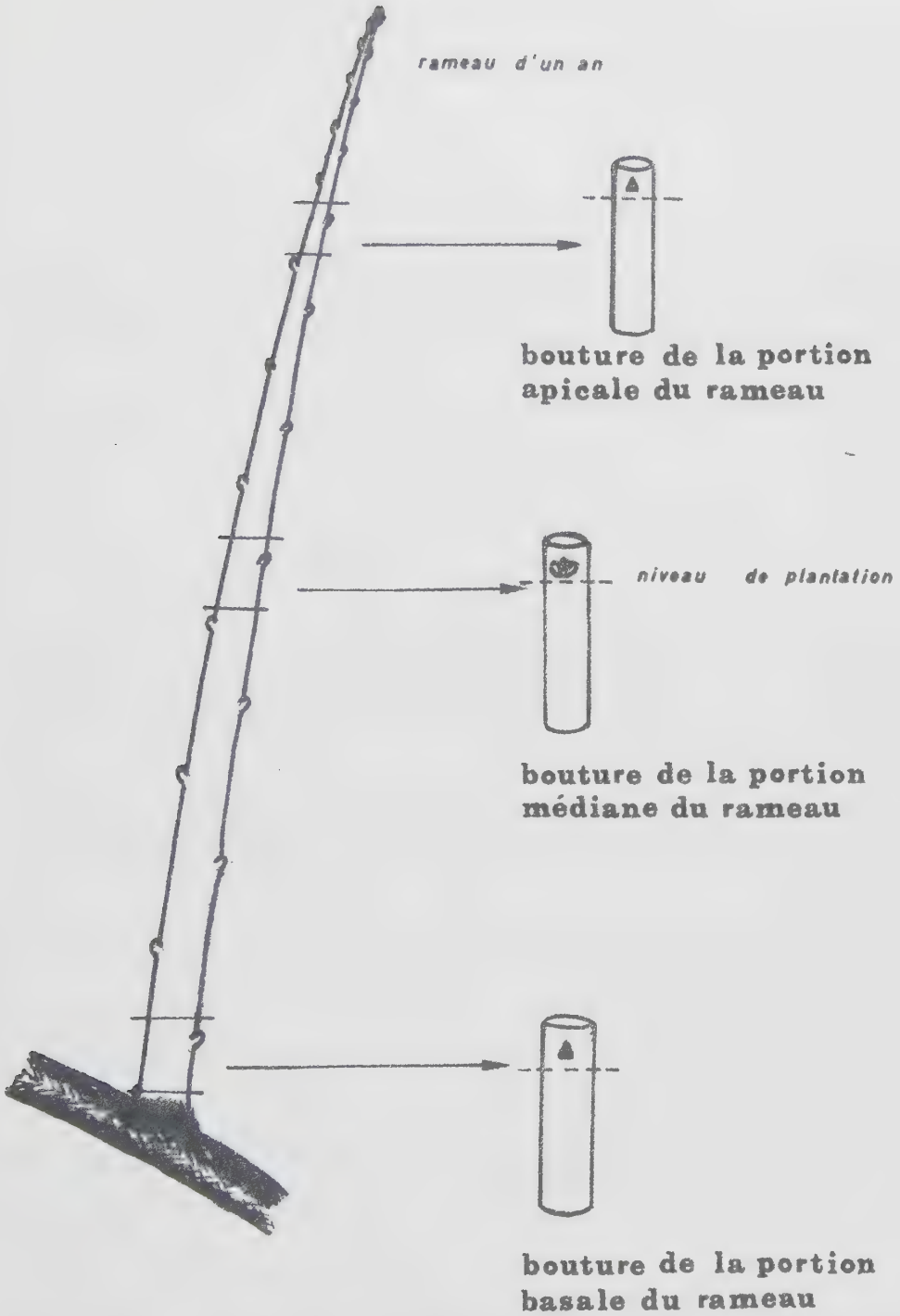


Fig. 37 - Préparation des boutures pour l'étude du débourrement des bougeons à bois.

Pour constituer un échantillon plus homogène et représentatif de l'ensemble du prélèvement, nous avons choisi, pour une étude plus détaillée, trente boutures situées du 8ème au 13ème niveau sur un ensemble de cinq rameaux. L'énergie de débourrement est calculée sur les pourcentages de débourrement de trente boutures pendant 30 jours.

L'énergie de débourrement est inverse de l'intensité de la dormance : une forte énergie de débourrement exprime une faible intensité de dormance et inversement.

III. RESULTATS

Pour rechercher la possibilité d'existence d'une relation entre l'époque de floraison et les besoins en froid des bourgeons végétatifs, nous donnerons les résultats de nos expériences sur trois variétés caractérisées par leur époque de floraison. Ces trois variétés sont les suivantes :

a) NEC PLUS ULTRA

b) TEXAS

c) CRISTOMORTO

Dans le cas des autres variétés, nous signalerons certaines caractéristiques variétales en ce qui concerne leur comportement aux températures de l'expérience, la période de la dormance et son intensité par rapport aux variétés classiques citées ci-dessus.

Cette expérience a été effectuée pendant trois cycles végétatifs (1969-1970 ; 1970-1971 et 1971-1972) sur les mêmes variétés. Nous donnerons seulement les résultats des deux dernières années.

1. ETUDE DE LA DORMANCE DES BOURGEONS VEGETATIFS DE LA VARIETE NEC PLUS ULTRA

A. à 25° C

L'examen de la figure 38 qui représente la courbe de l'énergie de débourrement (E.D.) et son évolution au cours du cycle végétatif 1970-1971 montre que :

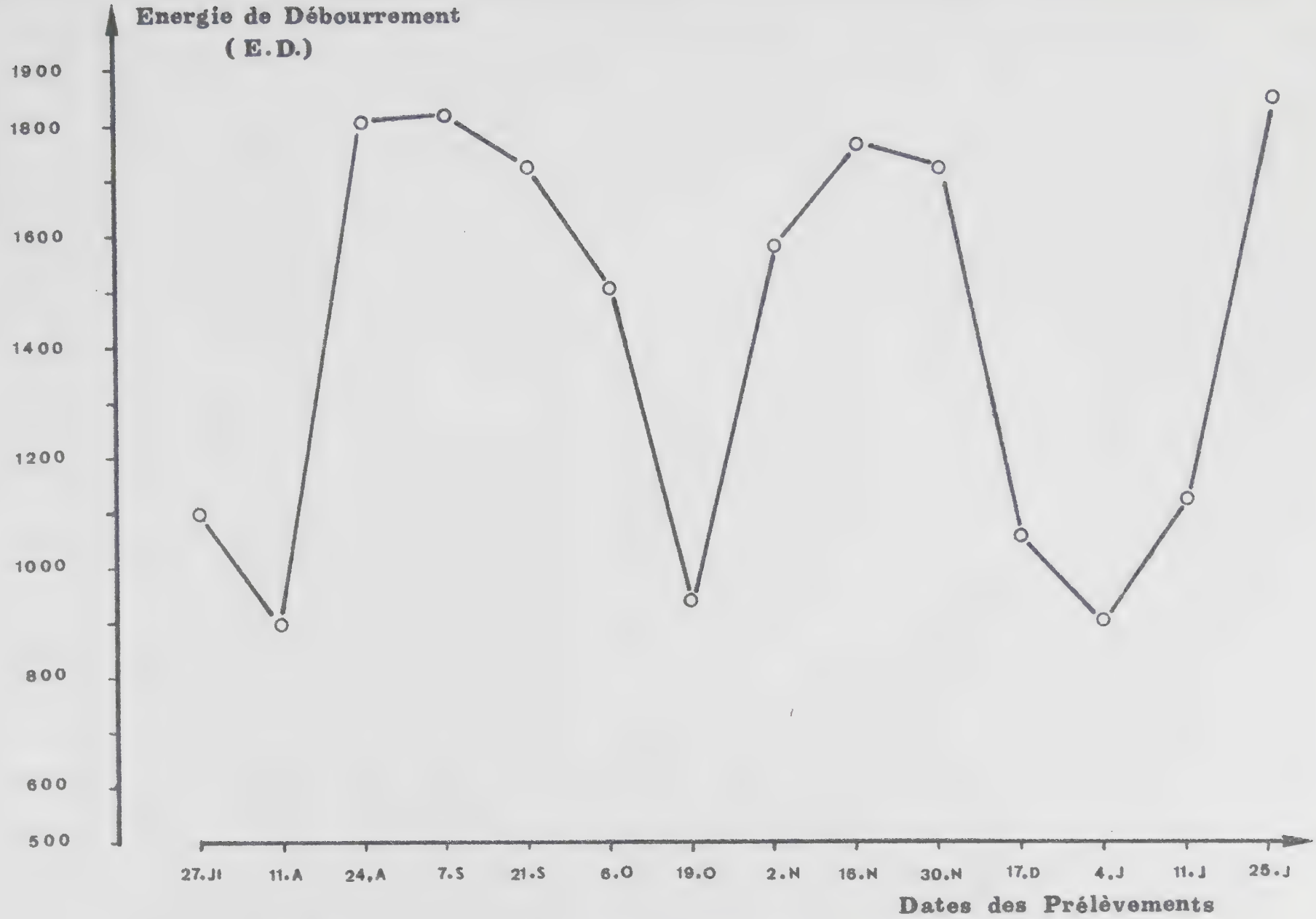


Fig. 38 _ Evolution de l'énergie de débourrement des bourgeons à bois chez la variété NEC PLUS ULTRA à 25° C (cycle végétatif 1970 _ 1971).

a) l'énergie de débourrement est assez faible pour les prélèvements de fin Juillet au début d'Août, par rapport à celle du prélèvement de fin Août. Ceci est dû très probablement à une sensibilité aux températures élevées qui détruiraient une partie des bourgeons végétatifs. On peut dire que les bourgeons latents prélevés fin Juillet, début Août, sont très sensibles à la température de 25° C dans les conditions de nos expériences (16 000 lux de lumière et 80 à 90 % d'humidité). On constate après quelques jours d'exposition que les bourgeons sont rapidement détruits. La destruction des bourgeons de l'extrémité du rameau est plus accentuée. Cela peut s'expliquer par un aoûtement incomplet du rameau.

b) à partir de la première semaine du mois de Septembre, on remarque une chute brutale de l'E.D. qui atteint sa valeur minimale vers le 19 Octobre. Ensuite, on assiste à une remontée de l'E.D. qui devient de plus en plus importante jusqu'à la fin du mois de Novembre.

c) enfin une diminution de l'E.D. intervient du 15 du mois de Décembre au 15 du mois de Janvier. Cette diminution de possibilité de débourrement des bourgeons végétatifs peut avoir pour cause deux facteurs tout à fait différents :

- la diminution de l'E.D. coïncide avec une baisse de la température dans les conditions naturelles (fig. 39). Il est possible que le froid agissant sur les bourgeons végétatifs puisse modifier leur activité et provoquer ainsi une sorte d'incapacité au débourrement comme cela existait dans les prélèvements précédents.

- l'augmentation de la possibilité de débourrement des bourgeons à bois, à partir du début du mois de Janvier, peut avoir modifié leur sensibilité aux hautes températures. L'intensité des différents processus physiologiques s'accroissant, il y a simultanément augmentation de teneur en eau des tissus. L'exposition à une température élevée et humide des bourgeons à bois à ce stade peut être la cause de leur destruction.

d) les bourgeons végétatifs de cette variété montrent un pourcentage de débourrement très important à 25° C pendant toute la durée de l'expérience. Il est assez difficile de déterminer avec précision la période exacte de la dormance, dans ces conditions, on peut la situer tout au plus du 20 Septembre au 15 Novembre.

TEMPERATURES EXTREMES ET MOYENNES

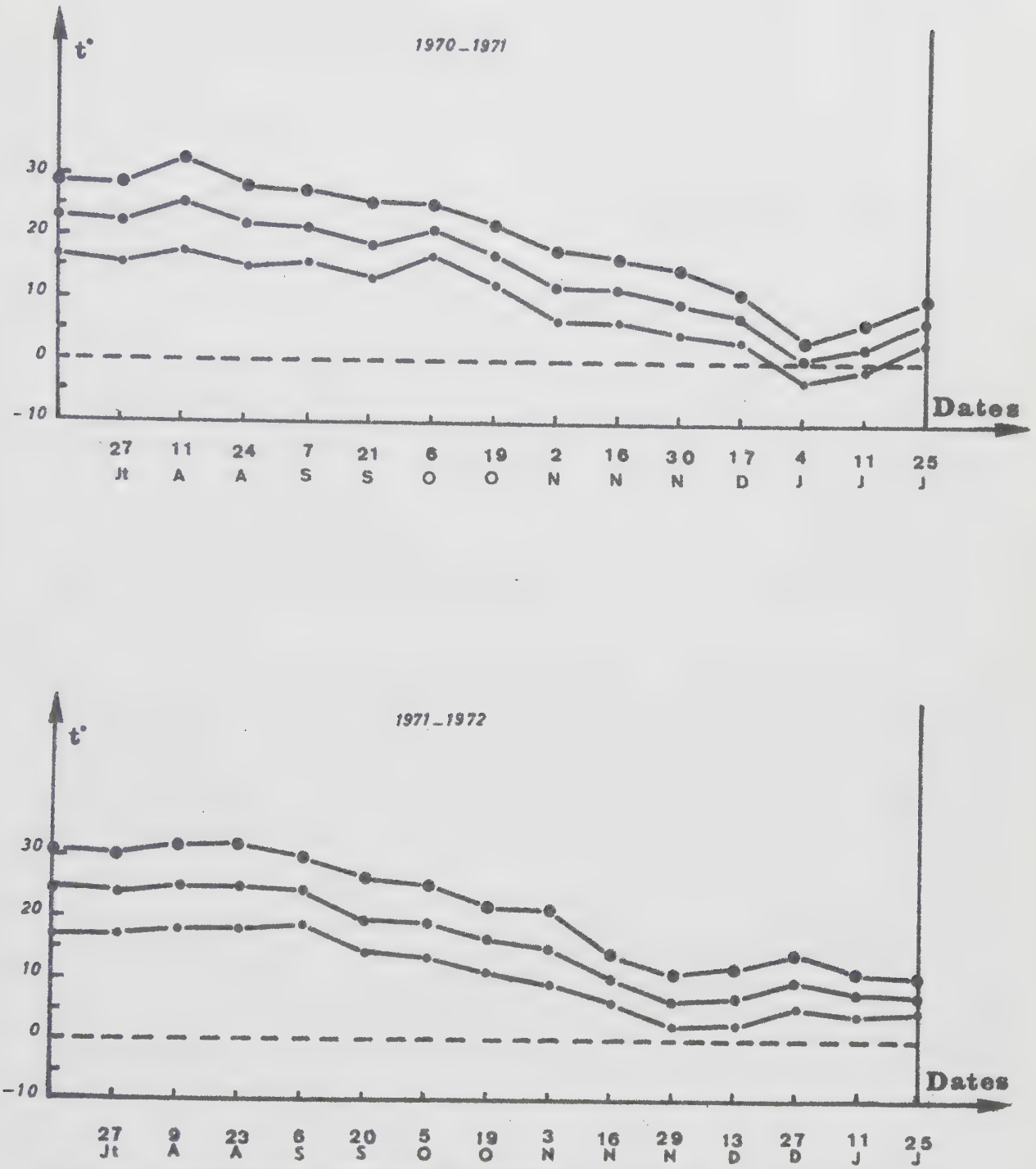


Fig.39 _ TEMPERATURES EXTREMES ET MOYENNES

Les valeurs ont été obtenues en effectuant la moyenne des maxima et des minima journaliers entre deux prélèvements.

e) en ce qui concerne le gradient de débourrement des bourgeons végétatifs le long du rameau, nous avons constaté qu'au début de l'expérience, ce sont les bourgeons de la portion apicale du rameau qui ont un débourrement précoce par rapport à ceux de la portion médiane et basale. Par contre, vers la fin de nos expériences, les bourgeons de la portion basale, montrent une énergie de débourrement plus importante que les bourgeons des autres portions du rameau.

B. à 20° C et à 15° C

Dans la figure 40, nous avons figuré le comportement des bourgeons végétatifs de la variété NEC PLUS ULTRA vis-à-vis des températures de 20° C et 15° C.

Sur cette étude, on peut faire les observations suivantes :

a) il existe une certaine analogie entre les courbes de la dormance obtenues à 25° C et 20° C. L'énergie de débourrement obtenue à 20° C est plus faible que celle observée à 25° C. On remarque une diminution très importante de la capacité de débourrement quand la température est maintenue à 15° C. Il semble que les températures élevées accélèrent l'intensité de débourrement (énergie de débourrement importante). Il apparaît donc que des températures de l'ordre de 20° C et de 25° C, chez l'Amandier, sont capables de lever plus ou moins la dormance des bourgeons sauf pendant une période de dormance plus marquée (fin Octobre, début Novembre).

b) pour les premiers prélèvements, on constate une augmentation progressive de l'énergie de débourrement. Il est possible que les conditions de l'expérience à 20° C soient moins néfastes aux bourgeons végétatifs que celles à 25° C. Pour les mêmes prélèvements, à 15° C, on observe une diminution progressive de l'énergie de débourrement ; la capacité de débourrement des bourgeons végétatifs à cette température est tout-à-fait différente de celle observée à 20° C.

c) il y a diminution de la capacité de débourrement pour les prélèvements de fin Décembre et début Janvier, comme nous l'avons signalé précédemment à 25° C. La comparaison de la diminution de l'intensité de l'E.D., à ces dates, à trois températures différentes, montre que la chute est d'autant plus importante que les bourgeons sont traités à une température plus élevée. Il est possible que l'action du froid régnant au moment de prélèvement (Fig. 39), diminue la possibilité d'un débourrement rapide.

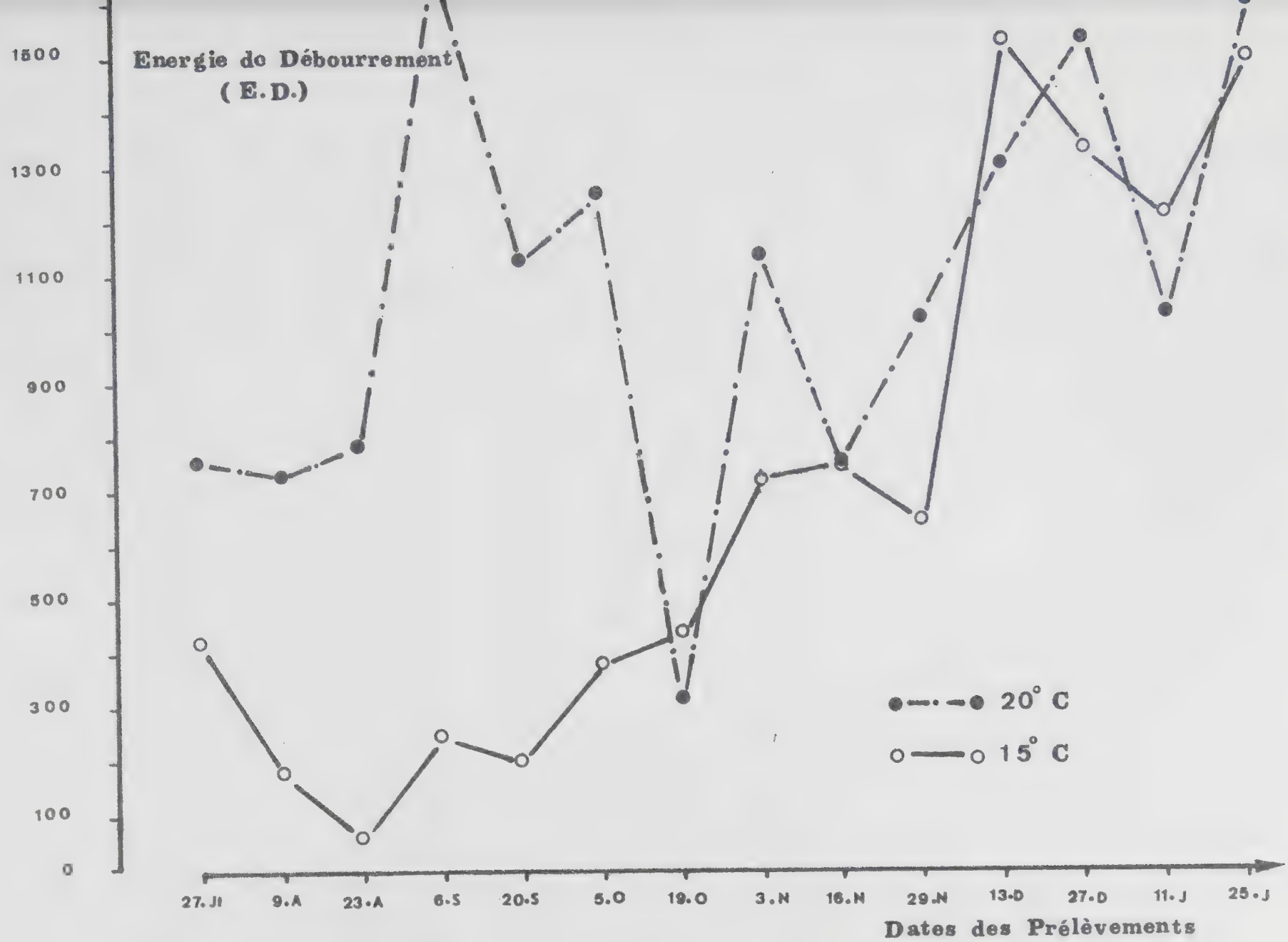


Fig. 40 _ Evolution de l'énergie de débourrement des bourgeons à bois chez la variété NEC PLUS ULTRA à 20°C et à 15°C (cycle végétatif 1971 _1972).

L'examen du comportement des bourgeons végétatifs à trois températures différentes montre qu'en général, une diminution de l'E.D. est observée vers le 15 Septembre, que son intensité varie en fonction de la température. Cette date peut être considérée comme le début d'une période où l'activité interne de la plante commence à diminuer. Le phénomène se poursuit jusqu'au moment où se manifeste la reprise d'une nouvelle activité (20 Novembre). On peut considérer que chez la variété NEC PLUS ULTRA, la période de la dormance des bourgeons végétatifs s'étend du 15 Septembre au 20 Novembre. Au cours de cette période, le temps qui correspond à une forte intensité de la dormance est très court. Le comportement des bourgeons à 20° C et à 15° C permet une meilleure appréciation de la période de la dormance.

2. ETUDE DE LA DORMANCE DES BOURGEONS VEGETATIFS DE LA VARIETE CRISTOMORTO

A. à 25° C

La courbe de la dormance des bourgeons végétatifs de la variété CRISTOMORTO à 25° C est représentée sur la figure 41. Cette courbe a le même aspect que celle qui a été établie pour la variété NEC PLUS ULTRA.

On remarque, en général, que l'E.D. est assez importante dans tous les prélèvements. Cependant, pour les premiers prélèvements, l'E.D. est assez faible comme nous l'avions déjà constaté dans nos études précédentes. Ensuite, la capacité de débourrement des bourgeons végétatifs reste assez élevée jusqu'à la première semaine du mois de Septembre.

A partir du 20 Octobre, l'E.D. décroît jusqu'au 15 Novembre, les bourgeons entrent probablement dans la période de dormance. Au delà, une nouvelle reprise de l'activité de débourrement se manifeste et devient très importante.

Une chute de l'énergie de débourrement est observée également à la fin du mois de Décembre et au début du mois de Janvier, la capacité de débourrement des bourgeons à bois diminue considérablement. Ceci semble indiquer que la période froide a induit une nouvelle dormance aux bourgeons. Cette chute de l'E.D. est suivie, à partir du 11 Janvier, par une augmentation très importante de la capacité de débourrement.

B. à 20° C et à 15° C

La comparaison des courbes de la dormance obtenues à 20° C et à 15° C (Fig. 42) montre qu'une température élevée provoque toujours le débourrement plus rapide des bourgeons végétatifs.

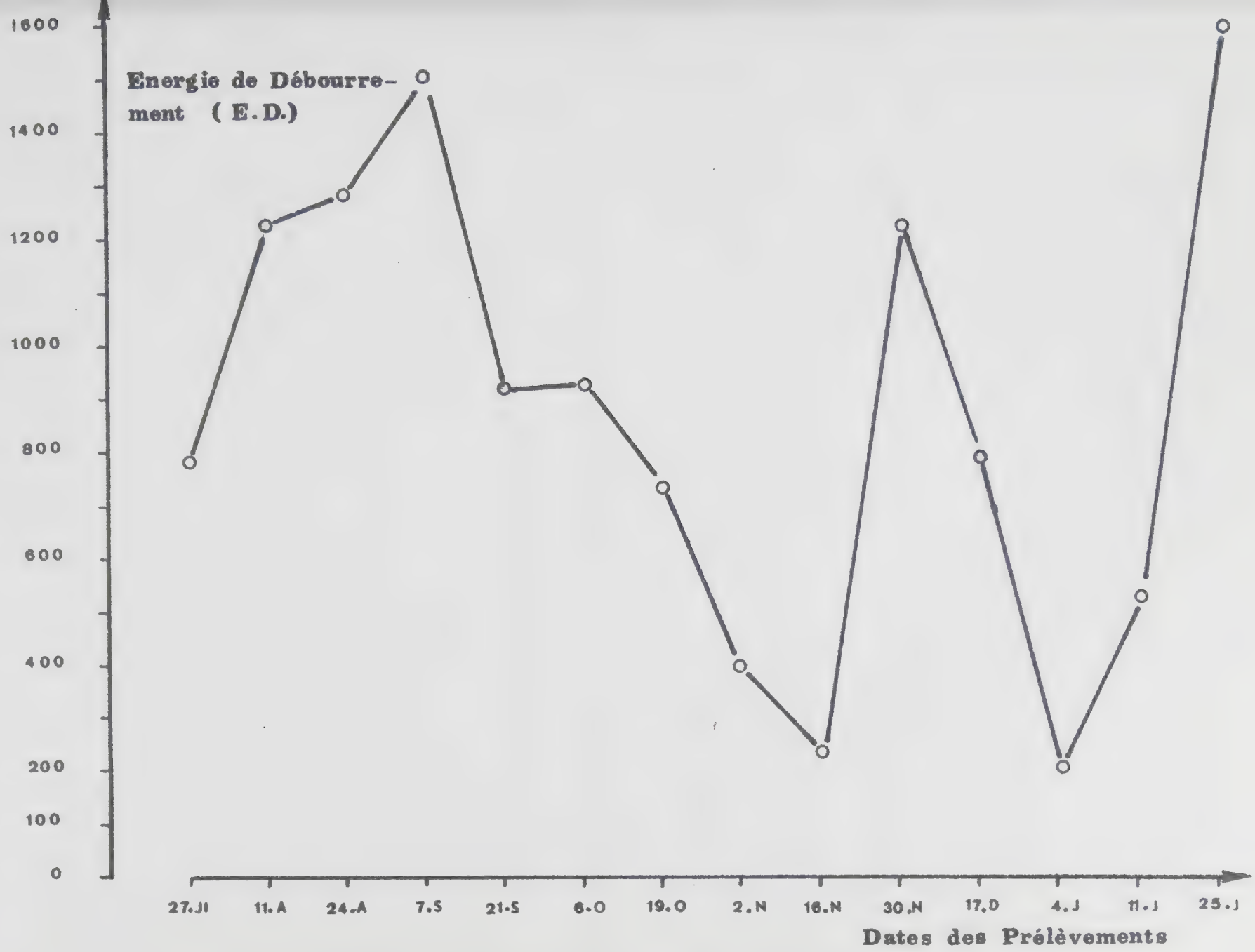


Fig. 41 _ Evolution de l'énergie de débourrement des bourgeons à bois chez la variété CRISTOMORTO à 25°C (cycle végétatif 1970 – 971).

A 15° C, les bourgeons conservent leur capacité de débourrement et sont plus résistants (prélèvement du 27 Juillet). Cependant, à 15° C, les bourgeons à bois ont besoin d'un temps de traitement relativement important pour qu'ils puissent extérioriser leur capacité de débourrement, ce qui se traduit par une diminution de l'énergie de débourrement.

Au début de l'expérience, nous retrouvons à 20° C une énergie de débourrement faible. L'explication de cette anomalie est la même que celle donnée pour l'exposition à 25° C.

La chute observée à la fin du mois de Décembre est moins importante à 15° C qu'à 20° C, ce qui traduit probablement l'action destructive d'une température relativement élevée sur les bourgeons végétatifs.

La diminution de l'énergie de débourrement observée à 20° C et à 15° C entre les prélèvements du 15 Septembre au 20 Novembre laisse penser que pour cette variété la période de la dormance maximum peut se situer presque à la même date que la variété NEC PLUS ULTRA. Cependant, l'intensité de la dormance est plus accentuée, rappelons ici que cette variété a une époque de floraison plus tardive que la variété NEC PLUS ULTRA.

Le gradient de débourrement des bourgeons végétatifs le long du rameau reste semblable à celui observé sur la variété NEC PLUS ULTRA.

3. ETUDE DE LA DORMANCE DES BOURGEONS VEGETATIFS DE LA VARIETE TEXAS

A. <u>à 25° C</u>

Le comportement des bourgeons végétatifs de la variété TEXAS à 25° C est représenté sur la figure 43.

Il ressort de cette étude que la capacité de débourrement des bourgeons végétatifs augmente du 27 Juillet au 6 Septembre. Ensuite, l'énergie de débourrement diminue avec une certaine fluctuation du 5 Septembre au 15 Novembre. Une chute très importante est observée à la fin du mois de Décembre.

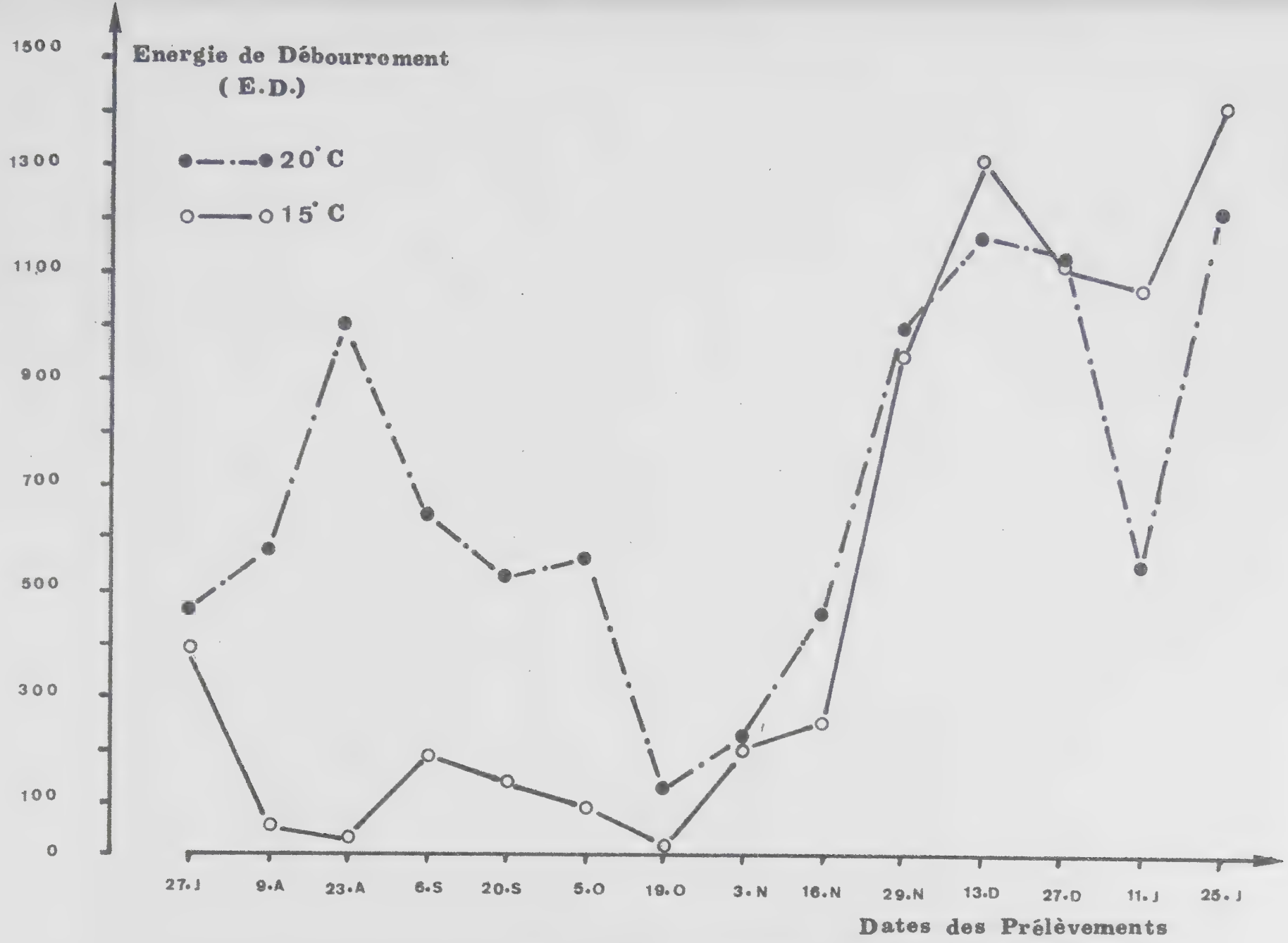


Fig. 42 – Evolution de l'énergie de débourrement des bourgeons à bois chez la variété CRISTOMORTO à 20° C et à 15° C (cycle végétatif 1971 – 1972).

En général, on remarque que, l'E.D. est très importante à 25° C. L'intensité maximale de la dormance, observée entre le 2 Novembre et le 15 Novembre, est plus accentuée que celle obtenue avec les variétés précédentes. Ceci traduit bien les exigences élevées en froid des bourgeons végétatifs de cette variété.

B. à 20° C et à 15° C

Les graphiques de la figure 44 concernent l'évolution de la dormance des bourgeons végétatifs de la variété TEXAS à 20° C et à 15° C. Ils indiquent que :

a) pour les quelques premiers prélèvements l'E.D. est très faible. Ceci laisse penser qu'à ces dates le débourrement des bourgeons est considérablement retardé par l'action des températures relativement basses. L'énergie de débourrement devient assez importante vers le 6 Septembre avec les deux températures. Ensuite la possibilité de débourrement diminue progressivement jusqu'au 15 Novembre. A la fin du mois de Décembre, le traitement à 15° C provoque une augmentation très importante de l'E.D. qui atteint sa valeur maximale, suivie d'une chute vers le 11 Janvier. Ces phénomènes sont moins remarquables quand les bourgeons sont traités à 20° C. Dans l'ensemble, le graphique obtenu à 20° C semble plus explicite que celui obtenu à 15° C, en raison d'une régularité remarquable de la courbe d'énergie de débourrement.

b) la période située entre le 21 Septembre et le 16 Novembre peut être considérée comme la période de dormance.

c) une faible énergie de débourrement constatée dans l'ensemble des prélèvements chez cette variété, montre que l'exigence en froid des bourgeons végétatifs est très importante.

d) le gradient de débourrement le long du rameau reste analogue à celui observé chez les variétés précédentes.

4. ETUDE DE LA DORMANCE DES BOURGEONS VEGETATIFS DES AUTRES VARIETES

En ce qui concerne l'étude de la dormance des bourgeons végétatifs de la variété CAVALIERA et celle de deux variétés locales de provenance d'Iran, on peut la résumer comme il suit :

A. Chez la variété CAVALIERA, la période de la dormance est semblable à celle des variétés déjà étudiées. Cependant, on remarque une intensité de dormance plus faible mais assez étalée par rapport à celle de la variété NEC PLUS ULTRA.

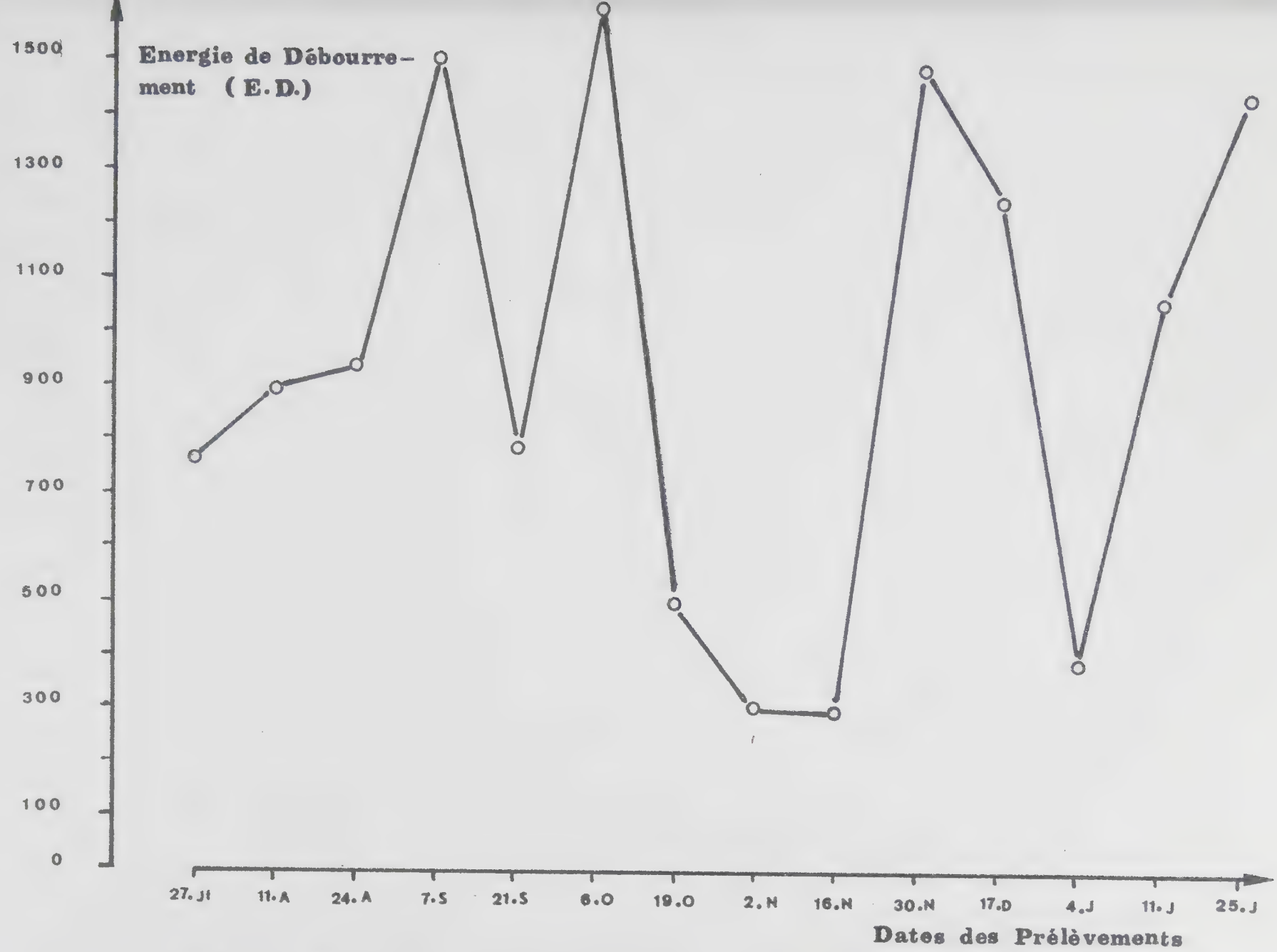


Fig. 43 _ Evolution de l'énergie de débourrement des bourgeons à bois chez la variété TEXAS à 25° C (cycle végétatif 1970 – 1971).

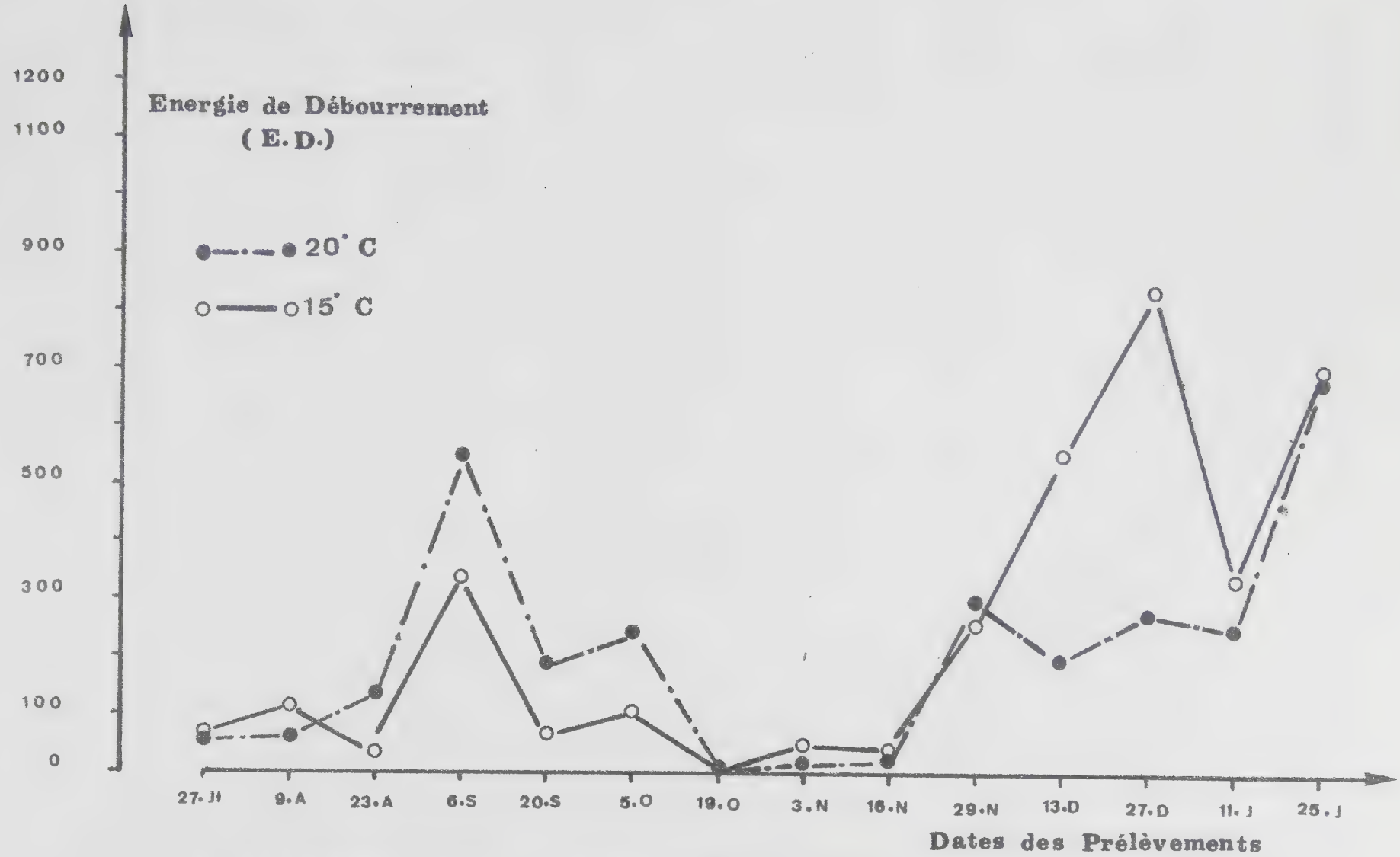


Fig. 44 – Evolution de l'énergie de débourrement des bourgeons à bois chez la variété TEXAS à 20° C et à 15° C (cycle végétatif 1971 – 1972).

On assiste toujours à une diminution de l'E.D. au début et à la fin de l'expérience (cas observé chez toutes les variétés étudiées).

B. Chez les variétés locales d'Iran, la courbe qui traduit la variation de l'E.D. est très irrégulière et rend très difficile la distinction de la période de dormance. Les bourgeons végétatifs ont une très grande capacité de débourrement pendant toute la durée de l'expérience. Ceci montre que ces variétés ayant de très faibles besoins en froid, sont capables d'un débourrement très rapide si les conditions extérieures sont favorables. On comprend pourquoi ces variétés débourrent et fleurissent avant toutes les autres variétés dans les conditions climatiques de Nîmes.

Dans leur pays d'origine, ces variétés étaient considérées comme ayant une époque de débourrement et une floraison de précocité moyenne. Ce qui n'était que la conséquence de l'action des températures basses et prolongées empêchant leur débourrement précoce.

EN RESUME :

L'étude du comportement des bourgeons végétatifs de quelques variétés d'Amandier, à différentes températures montre que :

a) la réaction des bourgeons végétatifs varie en fonction des températures. Ce phénomène est très probablement en relation avec les exigences en froid des bourgeons, donc variable suivant l'époque de floraison (précocité ou tardivité). Les variétés à floraison précoce, montrent une capacité de débourrement plus élevée à une température donnée que les variétés à floraison tardive. Il apparaît que sous l'action de températures basses la possibilité de débourrement des bourgeons végétatifs, pendant un temps déterminé, diminue considérablement et ceci d'autant plus que la variété a une époque de floraison plus tardive.

b) la période de la dormance est très courte chez les variétés étudiées, elle s'étale du 20 Septembre au 15 Novembre. Son intensité est plus ou moins grande, elle caractérise la variété. Chez les variétés à floraison précoce, l'intensité de la dormance est plus faible que chez les variétés à floraison tardive.

c) la diminution de l'énergie de débourrement au début de l'expérience (fin Juillet, début Août) observée pour toutes les variétés, peut expliquer l'action néfaste des températures élevées sur les bourgeons et les boutures insuffisamment aoûtées.

L'action des basses températures sur les bourgeons végétatifs dans les conditions naturelles où certaines activités commencent à réapparaître, peut freiner considérablement la capacité de débourrement des bourgeons. Des températures élevées dans des conditions de nos expériences peuvent intervenir également sur les bourgeons déjà inactivés par l'action du froid et provoquer par la suite leur destruction. La chute brutale de l'énergie de débourrement à la fin du mois de Décembre, début Janvier, doit être la conséquence de ces phénomènes. Le cas semblable a été observé sur les bourgeons floraux du Pêcher.

d) le long d'un rameau, les bourgeons de l'extrémité, au cours du mois Août-Septembre, ont une possibilité de débourrement plus rapide que ceux de la base. Inversement, aux mois de Décembre et Janvier, les bourgeons de la base du rameau débourrent plus vite.

CHAPITRE II

RELATION ENTRE LA DORMANCE DES BOURGEONS ET CELLE DE GRAINES

Dans ce chapitre, nous avons étudié les problèmes concernant le comportement physiologique des bourgeons végétatifs chez quelques variétés d'Amandier à époques de floraison différentes. Les relations existant entre l'intensité de la dormance des bourgeons végétatifs et celle des graines issues de fécondation libre ont été également abordées. Nous verrons qu'une variété ayant une faible dormance et une époque de floraison précoce produit des graines à faibles exigences en froid.

I. METHODE D'ETUDE

Dans le chapitre précédent, nous avons vu que la capacité de débourrement des bourgeons végétatifs exprimée par *l'énergie de débourrement* (E.D.) indiquait l'intensité de la dormance des bourgeons de chaque prélèvement. Avec cet indice, nous avions déterminé la période de dormance et sa variation au cours du cycle végétatif.

Dans le premier chapitre de la deuxième partie, nous avions étudié la germination des graines issues de différentes variétés dont NEC PLUS ULTRA , CRISTOMORTO et TEXAS. A partir des observations de germination réalisées après le semis des graines de ces variétés, nous avons établi un indice que nous appelons *l'énergie de germination* (E.G.). Ce dernier est calculé sur l'ensemble des graines des différents lots, traités préalablement pendant 15, 30 et 45 jours par le froid ; par sommation des pourcentages de germination notés à chaque observation, jusqu'au 20ème jour après le semis. Au bout de 20 jours, la germination atteint le pourcentage maximum, 96 % à 100 %, quel que soit le lot de graines s'il a été stratifié pendant 45 jours.

Pour étudier les relations existant entre l'intensité de la dormance des bourgeons végétatifs et celles des graines, nous avons établi des indices qui permettent de comparer l'intensité de la dormance chez les deux organes.

Cette méthode consiste à calculer :

a) chez les bourgeons végétatifs, la *somme des énergies de débourrement* (ΣE.D.) au cours de la période de la dormance pour les traitements de 15° C et 20° C. Il est évident que cet indice va varier suivant l'intensité de dormance des variétés.

b) chez les graines, la *somme des énergies de germination* (ΣE.G.) des lots de chaque variété après traitement par le froid pendant 15, 30 et 45 jours à 4° C $\pm$ 1 au cours de 20 jours après le semis.

Nous avons vu précédemment que plus l'énergie de débourrement des bourgeons est forte, plus l'intensité de la dormance est faible puisqu'il indique une forte capacité de débourrement des bourgeons végétatifs. En ce qui concerne l'énergie de germination, plus elle est forte, plus l'intensité de la dormance des graines est faible. Les graines suffisamment traitées par le froid ont une forte vitesse de germination et par la suite elles atteignent plus vite le taux de germination maximum. De ce fait, la somme des énergies de germination des graines ayant une faible dormance sera plus forte par rapport à celle des graines ayant une forte dormance.

II. RESULTATS

Dans le tableau 20, nous avons donné la somme des énergies de débourrement des bourgeons végétatifs et la somme des énergies de germination des graines chez les variétés étudiées.

TABLEAU 20

Σ E.D. des bourgeons et Σ E.G. des graines

Variété	Σ E.D.	Σ E.G.
NEC PLUS ULTRA	7109	2212
CRISTOMORTO	2570	1760
TEXAS	735	1718

L'examen de ce tableau montre que :

a) la somme des énergies de débourrement (ΣE.D.), pour la période de la dormance, est très forte chez la variété NEC PLUS ULTRA (époque de floraison moyenne) et très faible chez la variété TEXAS (époque de floraison tardive). Ceci montre que la variété NEC PLUS ULTRA a une dormance de faible intensité, par contre la variété TEXAS possède une dormance plus profonde. La variété CRISTOMORTO a une position moyenne entre ces deux variétés.

b) la somme de l'énergie de germination (Σ E.G.) est très élevée pour la variété NEC PLUS ULTRA, ce qui prouve que les graines de cette variété ont une dormance faible, rapidement levée par le froid. Par contre, la variété TEXAS a une somme des énergies de germination faible traduisant une forte dormance de ses graines. La variété CRISTOMORTO a une position intermédiaire, assez proche de la variété TEXAS.

c) le classement des variétés par leur ΣE.D. est le même que celui que l'on obtient par leur ΣE.G. Autrement dit, des variétés ayant une forte dormance des bourgeons ont des graines à forte dormance.

EN RESUME :

on peut dire que d'une manière générale, il existe un certain parallélisme entre l'intensité de dormance des bourgeons végétatifs des variétés d'Amandier et l'intensité de dormance de leurs graines. Les variétés à floraison précoce, produisent sauf exception, des graines à faible dormance ; les bourgeons végétatifs de ces variétés ayant également une dormance faible, il est permis de penser que ces deux caractères sont en relation étroite. On observe la même correlation chez les variétés à époque de floraison tardive.

CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE

Dans cette partie, nous avons étudié les problèmes concernant le comportement des bourgeons végétatifs à différentes températures depuis leur formation jusqu'à la fin de la période de repos végétatif. La méthode d'étude choisie nous a permis de caractériser la potentialité de débourrement des bourgeons végétatifs en fonction de leur comportement physiologique (âge du bourgeon, nature variétale) et de la température.

Nous avons pu montrer que chez l'Amandier, les bourgeons végétatifs, dans certaines périodes, perdent leur capacité de débourrement. Ce phénomène est déclenché naturellement par certains facteurs externes qui modifient leur métabolisme et assurent par la suite, une nouvelle reprise des activités internes. Les différentes variétés en fonction de leurs exigences propres en froid, répondent différemment à ces phénomènes externes. Les variétés précoces sont moins exigeantes et se contentent d'une exposition courte pour assurer leur reprise d'activité. Le cas inverse s'observe chez les variétés à floraison tardive qui sont plus exigeantes.

La capacité de débourrement des bourgeons végétatifs d'une variété, exprimée par "l'énergie de débourrement" a permis de distinguer leur *période de dormance et l'intensité de cette dormance*. La période de dormance profonde est caractérisée par le fait que l'action de températures élevées continues (20 ou 25° C) parvient difficilement à déclencher le débourrement. Les températures élevées provoquent parfois un débourrement rapide rendant assez difficile l'appréciation de la période de dormance. Par contre, des températures de l'ordre de 15° C permettent, au moins chez les variétés à faible besoin en froid, de distinguer le début et la fin de la période de dormance. Cette période, en général, se situe entre le 20 Septembre et le 15 Novembre. L'intensité de cette dormance peut être caractérisée par le niveau d'énergie de débourrement le plus bas rencontré pendant la période de dormance.

Les différences de comportement des bourgeons de différentes variétés, exposés à 15° C et à 20° C permettent d'assurer qu'indépendemment des phénomènes de dormance, certaines variétés comme TEXAS ont un besoin thermique plus élevé (pour cette variété, la différence de comportement à ces deux températures est peu différente contrairement à ce qu'on observe chez la variété NEC PLUS ULTRA).

L'aoûtement incomplet des rameaux observés lors des prélèvements du mois de Juillet, peut entraîner une sensibilité des bourgeons végétatifs aux hautes températures continues (20° C et 25° C) et par la suite provoquer leur destruction.

L'action des basses températures dans les conditions naturelles sur les bourgeons au tout début de la reprise des activités végétatives (gonflement des bourgeons et augmentation du niveau de turgescence des cellules) peut également provoquer un retard dans le débourrement des bourgeons lorsqu'ils sont placés dans des conditions de températures favorables. L'effet des hautes températures, dans les conditions de nos expériences, sur les bourgeons dont le développement a été ralenti par le froid, peut aussi provoquer leur destruction.

Par cette étude, nous avons mis en évidence que la variété NEC PLUS ULTRA a une dormance plus faible que les variétés CRISTOMORTO et TEXAS. Cette dernière variété (TEXAS) semble avoir des besoins en froid importants pour que la dormance de ses bourgeons végétatifs soit levée. En ce qui concerne la variété CRISTOMORTO, elle constitue un cas intermédiaire.

La comparaison de la dormance des bourgeons végétatifs et celle des graines issues de fécondation libre chez les variétés étudiées permet de conclure que ces deux phénomènes sont caractéristiques de la variété et probablement liés. Autrement dit, une variété à floraison précoce (NEC PLUS ULTRA) qui a une faible dormance, produit par la fécondation libre, des familles de graines dont la dormance est faible, et inversement, les variétés tardives donnent des graines ayant une dormance forte.

Il y a vraisemblablement un contrôle génétique commun à ces caractères.

CONCLUSIONS GENERALES

Nous dégagerons ici l'essentiel de notre contribution dans le domaine des connaissances acquises sur la dormance des graines et des bourgeons végétatifs chez l'Amandier.

Par une étude histologique effectuée aux différents stades de développement de l'embryon, chez deux variétés à époques de floraison différentes, nous avons montré que chez l'Amandier, l'oeuf présente quelques divisions après sa formation, puis ralentit ses activités mitotiques ; pendant ce temps, le noyau de l'oeuf albumen subit de nombreuses divisions (formation de l'albumen).

Après la différenciation des cotylédons, on assiste à une activité organogène très importante qui se maintiendra jusqu'à la maturité de la graine : l'apex commence à fonctionner en élaborant plusieurs primordia foliaires dont le nombre varie de 14 à 16 chez les embryons complets.

Les activités d'organogenèse surtout aux premiers stades de différenciation de l'embryon peuvent varier suivant l'époque de floraison (précocité ou tardivité) de la variété mère. Ainsi, à un moment donné, l'embryon d'une variété précoce (NEC PLUS ULTRA) peut être beaucoup plus différencié que celui d'une variété tardive (TEXAS). Mais progressivement, cette différence s'estompe de telle façon qu'à la maturité de la graine les embryons de deux variétés possédent une structure complète et semblable.

En ce qui concerne la dormance embryonnaire chez l'Amandier, nous avons montré que *celle-ci existe dès les premiers stades de la différenciation de l'embryon*. Les jeunes embryons placés sur milieu gélosé et traités pendant deux mois par le froid à 4° C ont donné des plantules tout-à-fait normales. Cependant, les plants issus d'embryons très jeunes sont grêles et présentent une vigueur faible, due très probablement au manque de matières de réserves dans les cotylédons. La vigueur des plants ainsi obtenus augmente progressivement jusqu'à la maturité de la graine. Ceci montre le rôle essentiel des cotylédons sur le métabolisme de la croissance des jeunes plantules.

Les embryons non traités par le froid présentent des anomalies de la croissance. *Ils n'ont donc pas acquis l'aptitude à la croissance.*

A la lumière de cette étude, il convient d'insister sur le fait que l'existence d'une dormance dans un organe donné d'une part, et celle d'une activité d'organogenèse d'autre part, ne sont pas deux phénomènes incompatibles. L'allongement de l'apex (qui est partiellement au moins le résultat de l'élongation cellulaire) ne peut pas intervenir sans que l'action d'un agent extérieur (froid) supprime progressivement la dormance.

Après avoir démontré l'existence d'une dormance embryonnaire chez les embryons immatures de l'Amandier, nous avons voulu rechercher les facteurs dont l'action peut modifier l'intensité de la dormance.

L'étude de la dormance embryonnaire chez les graines issues de fécondation libre et de fécondation contrôlée nous a permis de montrer que la dormance des embryons issus d'une variété donnée est influencée par :

a) la nature génétique de la variété femelle

b) la nature génétique de la variété pollinisatrice.

En ce qui concerne l'action de la variété femelle sur l'intensité de la dormance des embryons, bien qu'il soit difficile de la déterminer avec précision, en raison de l'autoincompatibilité florale de cette espèce, il nous a été possible de montrer que les variétés à époque de floraison précoce produisent des familles d'embryons à faibles besoins en froid et qu'inversement, les variétés à époque de floraison tardive donnent naissance à des embryons dont les besoins en froid sont plus importants.

L'influence de la variété pollinisatrice a été étudiée dans de multiples combinaisons au cours de deux années consécutives. Nous avons pu montrer que le pollen peut modifier la date de germination des embryons d'une variété donnée en fonction de son origine génétique. Il existe, certainement, une relation très étroite entre le comportement physiologique d'une variété donnée et celui du pollen de la même variété. Certaines variétés comme TEXAS et AI, dont les embryons issus de fécondation libre sont plus exigeants en froid, conservent, qu'elles soient utilisées comme parent femelle ou comme parent mâle, la possibilité de transmettre ce caractère aux embryons hybrides. De ce fait, les embryons issus des croisements où ces deux variétés ont été utilisées comme géniteur, ont besoin d'un temps de traitement au froid relativement long pour que leur dormance soit levée. Le cas inverse s'observe chez les variétés à époque de floraison précoce (NEC PLUS ULTRA) qui produisent des embryons à faible dormance et qui transmettent, dans une certaine mesure, ce caractère aux embryons.

D'autres variétés comme CRISTOMORTO et TARDIVE de la VERDIERE, à époque de floraison très tardive, qui produisent en pollinisation libre des familles d'embryons à faibles besoins en froid, donnent en pollinisation contrôlée des embryons dont le comportement à la germination sera influencé par le pollinisateur. A la suite de nos travaux, nous avons mis en évidence que si l'on croise deux variétés à époques de floraison différentes dont les embryons issus de pollinisation libre ont de faibles besoins en froid, les graines issues de ces croisements auront aussi de faibles exigences en froid. Par contre, le croisement entre deux variétés à époques de floraison différentes et produisant par fécondation libre des embryons à forts besoins en froid, donneront naissance à des embryons plus exigeants en froid.

Cependant, nous avons constaté que si dans un croisement on utilise une variété produisant des graines à faibles besoins en froid, comme parent mâle, avec une autre variété qui dans les mêmes conditions produit des embryons à forts besoins en froid, comme parent femelle, les graines issues de ce croisement auront tendance à avoir une germination précoce. On peut observer le cas inverse dans le croisement réciproque.

Si on admet que les besoins en froid des embryons sont contrôlés par certains facteurs génétiques, il est probable que ces facteurs, en fonction du croisement, cumulent leurs effets et entraînent une certaine dominance du fort besoin en froid.

Il apparaît ainsi que l'époque de floraison d'une variété donne une idée des besoins en froid des embryons qui en seront issus. Il est probable que ces deux caractères (époque de floraison et besoins en froid des embryons) bien qu'appartenant à des organes différents ont le même contrôle génétique.

Nos travaux poursuivis sur le comportement des bourgeons végétatifs vis-à-vis des différentes températures au cours du cycle végétatif nous ont permis de montrer que la potentialité de débourrement des bourgeons à bois est en relation avec leur intensité de dormance et leur sensibilité aux variations de température.

Nous avons montré que chez l'Amandier, les bourgeons végétatifs soumis aux facteurs externes, perdent au cours de certaines périodes, leur capacité de débourrement. Les différentes variétés en fonction de l'intensité de leur dormance réagissent de façon différente à ces variations externes. Les variétés précoces exigent une exposition plus courte au froid que les variétés tardives pour manifester une nouvelle reprise d'activité.

La capacité de débourrement des bourgeons végétatifs exprimée par l'énergie de débourrement, nous a permis de déterminer leur période de dormance ainsi que l'intensité de cette dormance. Les températures élevées provoquent un débourrement précoce, tandis que les températures de l'ordre de 15° C permettent, surtout chez les variétés précoces, de mieux distinguer la *période de la dormance qui se situe entre le 20 Septembre et le 15 Novembre*.

L'aoûtement incomplet des rameaux peut provoquer la destruction des bourgeons végétatifs lorsqu'ils sont soumis à des températures élevées (25° C).

L'action des températures basses sur les bourgeons végétatifs ayant terminé leur dormance, freine considérablement leur débourrement ultérieur (tout semble se passer comme si une certaine dormance s'était réinstallée). L'effet simultané de ces deux facteurs (sensibilité aux températures hautes et action retardatrice des températures basses) peut aussi provoquer la destruction des bourgeons végétatifs.

A la suite de cette étude, nous avons mis en évidence que la variété NEC PLUS ULTRA a une dormance plus faible que celle de la variété TEXAS. La variété CRISTOMORTO possède une dormance intermédiaire entre ces deux variétés.

La comparaison des résultats obtenus sur la dormance des bourgeons végétatifs et de ceux relatifs à la dormance des graines issues de fécondation libre chez les variétés étudiées montre que *l'intensité de ces deux phénomènes est caractéristique de la variété*. Une variété précoce (NEC PLUS ULTRA) qui possède une faible dormance des bourgeons, produit par fécondation libre des familles d'embryons à faible dormance. On retrouve la même relation pour les variétés tardives donnant naissance à des graines à forte dormance. Si la fécondation libre ne met en évidence que l'effet maternel, nous avons pu voir que le parent mâle joue un rôle aussi important que le parent femelle.

On peut conclure que *ces deux caractères* (intensité de la dormance des bourgeons végétatifs et les besoins en froid des graines) *sont contrôlés par des facteurs génétiques communs*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABRAMOV A.N., 1954 - The effect of pollinisation on the date of germination of apple seeds (en russe). Hort. Abst., vol. XXIV.

ABRAMOV A.N., 1955 - The influence of some biological factors of the dormant period in apple and pear seeds. Izv. Tkad. S.S.S.R., n° 1. 53-56, (in Hort. Abst., 1955, n° 2434).

ALLARD R.W., 1959 - Principles of plant breeding. John. Wiley et Sons, Inc. London.

ALMEIDA C.R. Marquis DE., 1948 - Ainda acera da improdutividade na amendocira. Anais do Instituto Sup. di Agronomia, Vol. 16. Lisboa

ANTONI Zs., 1971 - Histogenetic study on the exocarpe, mesocarp and endocarp of the almond. Acta Agro. Acad. Sci. Hung. Tomus 20 (1-2) ; pp. 27-34.

APESSOS J., 1962 - Etude de la différenciation des ébauches florales en relation avec l'évolution des pousses végétatives et le développement du fruit chez quelques variétés de *Prunus amygdalus et de Prunus Persica*. Thèse de Doct. Fac. Sci. Bordeaux, 167 pp.

BAJAI E., 1959 - Recherche méthodologique sur le pouvoir germinatif de la graine de Sorgho (en russe). Acta Agron. Acad. Sci. Hung., 9, (1-2), 185-208.

BARTON L.V., 1936 - Germination and seedling production in Lilium sp. Contr. Boyce Thompson Inst., 8, 297-309.

BARTON L.V., 1944 - Some seeds showing special dormancy. Contr. Boyce Thompson Inst., 13, 259-271.

BARTON L.V., 1965a - Seed dormancy : General survey of dormancy types in seeds, and dormancy imposed by external agents. Handb. der Pflanzenphysiol., 15, 2, 699-720.

BIDABE B., 1963 - Contrôle de l'époque de floraison du pommier par une nouvelle conception de l'action des températures. C.R. Acad. Agric. Fr. 934-945.

BIDABE B., 1965 - L'action des températures sur l'évolution des bourgeons de l'entrée en dormance à la floraison. 96° Congrès de la Société Pomologique de France, Paris.

BIDABE B., 1967 - Action de la température sur l'évolution des bourgeons de pommier et comparaison de méthodes de contrôle de l'époque de floraison. Ann. Physiol. Vég., 9, (1), 65-86.

BOGOUCHEWSKY., 1932 - Horticulture in the district of Kara-Kala. p. 3. 162. Bulletin of applied Botany, of genetics and plant Breeding. VIII Th. Leningrad. (en russe, avec résumé en anglais).

BOIS D., 1928 - Les plantes alimentaires chez tous les peuples. Vol. 2, p. 179.

BRAUN, 1860 - Polyembryonie.

BROOKS H.J., et HOUGH L.F., 1958 - Vernalization studies with peach embryos. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71, 95-102.

BYTSCHIKHINA E.A., 1930 - Winter wheats of Ukraina and their after-ripening (en russe, avec résumé en anglais). Trudy Prikl. Bot., Gen. i Selekc., 23, 2, 299-347.

CANDOLLE (DE) S., 1883 - Origine des plantes cultivées. Paris.

CHAJA G.G., 1952 - Experiments on dormancy of Lathyrus ochrus. Proc. Inter. Seed. Test. Ass., t. 17.

CHAMPAGNAT P., 1955 - Les correlations sur le rameau d'un an des végétaux ligneux. Phyton. 4 , 1-102.

CHAMPAGNAT P., 1965 - Quelques caractères de la ramification du rameau d'un an des végétaux ligneux. 96° Congrès de la Société Pomologique de France, Paris.

CHOUARD P., 1951 - Dormances et inhibitions des graines et des bourgeons. Préparation au forçage thermopériodisme. Centre Doc. Univ., Paris. 157 pp.

COCIU V., 1967 - Pomologia Republicii Socialiste Romania, VI. Editura Acad. Repub. Social. Romania.

COME D., 1967a - L'inhibition de germination des graines de Pommier *(Pyrus malus L.)* non dormantes. Rôle possible des phénols tégumentaires. Ann. Sci. Nat., Bot., VIII, 371-478.

COME D., 1967b - Physiologie de la stratification des noyaux de Cerisier : effets de l'inhibition sur la perméabilité à l'oxygène. C.R. Acad. Agric. France, 53, 623-631.

COME D. et TISSAOUI T., 1968a - Induction d'une dormance embryonnaire secondaire chez le Pommier (*Pyrus malus L.*) par des atmosphères très appauvries en oxygène. C.R. Acad. Sci., 266, 477-479.

COME D., 1968b - Problèmes de terminologie posés par la germination et ses obstacles. Bull. Soc. Franç. Physiol. Végét., 14, 1, 3-9.

COME D., 1970 - Les obstacles à la germination. Masson et Cie, éditeur.

COME D., 1970 - Phénomènes physiologiques en rapport avec la germination. Bois., Juillet.

CRANE M.B. et LAWRENCE W.J.C., 1938 - The gentics of garden plants. Macmilland and Co., Limited. London.

CUENOT G., 1945 - Notes sur la classification des amandes. Rev. Fruits et Prim. Afrique du Nord n° 163. p.225-232.

DAVID R. et GUERINDON A., 1951 - Influence stimulente exercée par le froid sur la germination des graines de Pin maritime. C.R. Soc. Biol., 145, p. 715.

DAVIDSON O.W., 1934 - Crowing trees from "non viable" peach seed. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 32, 308-312.

DECOURTYE L. et BRIAN L., 1967 - Détermination des besoins en froid des pépins de Pomacées. Interprétation des courbes de germination. Ann. Amélior. Plantes, 17 (4), 375-391.

DUTROCHET., 1822 - Recherches sur l'accroissement et la reproduction des végétaux (Mémoire du Muséum, t. VIII).

EAST E.M. et MANGELSDORF A.J., 1925 - A new interpretation of the hereditary behaviour of self - sterile plants. Proc. Nat. Acad. Sci. II : 166-171.

EAST E.M. et MANGELSDORF A.J., 1927 - The genetics and physiology of self-sterility in Nicotiana. Mem. Hort. Soc. N.Y. 3 : 321-323.

EVENARI M., 1961 - A survey of the work done in seed physiology by the department of botany, Hebrew University, Jerusalem (Israël). Proc. Int. Seed. Test. Ass., 26, 4, 804-847.

EVREINOFF V.A., 1937 - Essais de systèmes pomologiques chez l'Amandier. Rev. Hort. n° 14 ; p. 424-425.

EVREINOFF V.A., 1952a - Sur la biologie et la pomologie de l'Amandier. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, Tome 87, pp. 1-2.

EVREINOFF V.A., 1952b - Quelques observations biologiques sur l'Amandier. Rev. Int. Bot. Appl., n° 359-360.

EVREINOFF V.A., 1957 - Contribution à l'étude de l'Amandier. Ann. Ecole Sup. Agro. Toulouse, Tome V.

FLEMION F., 1939 - Dwarf seedlings from non after-ripened embryos of peach, apple, and hawthorn. Contrib. Boyce Thompson Inst. 6, 205-209.

GAGNARD J.M., 1954 - Recherches sur les caractères systématiques et sur les phénomènes de stérilité chez les variétés d'Amandier cultivées en Algérie. Ann. de l'Inst. Agri. et des services de Rech. et d'Exper. Agricoles de l'Algérie. Tome VIII - Fasc. 2.

GAVRIELIT - GELMOND C., 1952 - Experiments on dormancy of Lathyrus ochrus. Proc. Intern. Seed Test. Ass., 17, 139-142.

GIFFORD E.M.JR. and CORSON G.E.JR., 1971 - The shoot apex in seed plants. University of California, Davis, California, and Chico stade College. The Botanical Review, Vol. 37, April-June n° 2.

GILL N.T., 1938 - The viability of weeds seeds at various stages of maturity. Ann. Appl. Bot., 25, 447-456.

GRASSELLY C., 1965 - Travaux de sélection de l'Amandier en Azerbaïdjan Faculté d'Agronomie de Tabriz, Iran.

GRASSELLY C., 1969 - Considérations générales sur l'espèce Amandier. Bull. Tech. Infor. n° 241.

GRASSELLY C., 1972 - Contribution à l'amélioration de l'espèce Amandier. Thèse de Doct. Fac. Sci. Bordeaux.

HABER A.H. et LUIPPOLD H.J., 1960 - Effects of gibberellin, kinetin, thiourea, and photomorphogenic radiation on mitotic activity in dormant Lettuce seed. Plant Physiology, 35, p. 486.

HANNAH L.K. et LAVEE S., 1971 - Anatomical changes during the development of "Ventura" peach fruit. Jour. Hort. Sci., 46, 103-110.

HUBAC C., 1966 - Recherche de substances inhibitrices contenues dans les caryopses immatures de Blé "Fylgia". Thèse Doct. Sci. Nat., Paris, 138 pages.

JAHNEL H. et ZENTSCH W., 1961 - Beiträge zun Stratifizieren von Forstsaatgut IV (Fraxinus excelsior L.). Angew. Bot. Dtsch., 34, n° 5.

KESTER D.E. et HESSE C.O., 1955 - Embryo culture of peach varieties in relation to season of ripening. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 65, 265-273.

KESTER E., 1969 - Pollen effects on chilling requierements of almond and almond-peach hybride seeds. Jour. Amer. Soc. Hort. Sci. Volume 94, n° 3.

KOVALEFF N.V. et KOSTINA KF., 1935 - A contribution of the study of the Genus Prunus Focke. Leningrad.

LAMMERTS W.E., 1942 - Embryo culture, an effective technique for shortening the breeding cycle decidious trees and increasing germination of hybrid seeds. Amer. Jour. Bot., 29, 166-172.

LESLEY J.W. et BONNER J., 1952 - The development of normal peach seeldings from seeds of early maturity varieties. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 60, 238-240.

MALPIGHI., 1675 - Anatome Plantarum. Londini.

MODORAN I. et TEODORESCU D., 1961 - Germination semintelor de cire si visin in diferite faze de maturitade. Gradina, via si Livada, 12, 34-38.

MONET R., 1968 - Methode permettant l'obtention de plantes à partir d'embryons de variétés très précoces chez le Pêcher. Ann. Amélior. Plantes, 18 (1), 85-91.

MONET R. et BASTARD Y., 1968 - Morphogénèse et croissance des ébauches florales chez le Pêcher (Prunus Persica L. Batsch) C.R. Acad. Sci. Paris, t, 266.

MONET R. et BASTARD Y., 1969 - Initiation florale et phénomènes de dormance chez le Pêcher (Prunus Persica L. Batsch). C.R. Acad. Sci. Paris, t, 268.

MORGAN S.F. et BERRIE A.M.M., 1970 - Development of dormancy during seed maturation in Avene Ludoviciana winter wild oat. Nature Vol. 228, Decembre 19.

NIGON J., 1967 - Recherches sur la dormance des bourgeons de la vigne. Ann. de Physio. Végétales. Vol. 9. n° 1-2-3-4.

NOUGAREDE A., 1965 - Le méristème caulinaire des Angiospermes ; problèmes posés par le passage à la phase reproductrice. Bull. de la Soc. Française de Physiol. Vég. Tome II, n° 2.

PAUNOVIC S.A., 1962 - Seed germination of decidious fruit trees grown in Yugoslavia. Intern. Hort. Congress.

PECHOUTRE F., 1902 - Contribution à l'étude du développement de l'ovule et de la graine des Rosacées. Thèse Doct. Fac. des Sci. de Paris.

PILET P.E. et NOUGAREDE A., 1965 - Quelques caractéristiques structurales et physiologiques du méristème radiculaire du Lens culinaris. Bull. Soc. Franç. de Physiologie Végétale, Tome II.

POUGET R., 1963 - Recherches physiologiques sur le repos végétatif de la vigne (Vitis vinifera L.) : la dormance des bourgeons et le mécanisme de sa disparition. Thèse Doct. ès Sci. Nat. Fac. des Sci. Bordeaux.

REHDER A., 1947 - Manuel of cultivated trees and shrubs. Macmillan Company, New York.

REMY P., 1961 - Recherches physiologiques sur la maturation des graines d'arbres fruitiers à noyaux. Ann. Amélior. Plantes, II (2), 113-298.

RICHTER A.A., 1964 - Résultats d'un travail pratique et théorique d'hybridation et études variétales chez l'Amandier. Trudy. Gos. Nikit. Bot. Sada. 07, 37-91.

RONDET P., 1965 - Mise en place des méristèmes chez les angiospermes au cours de l'embryogénèse. Bull. Soc. Franç. de Physiologie Végétale, Tome II.

SABETI H., 1966 - Trees and Shrubs of Iran. Press University of Tehran, n° 1037.

SCHANDER H., 1956 - Keimungsphysiologische studien an kernobst. V. Sortenvergleichende untersuchungen uber einflusse von wärme - und kältebehandlungen, die vor der stratifizierung auf den samen einwirkten. Z. Pflanzenzücht., 35, 345-361.

SCHNEIDER C.K., 1904 - Charakteristik der in mitteleuropa heimischen und im freien angepflanzten angiospermen Gehölz - Arten und formen mit ausschlub der Bambuseen und Kakteen.

TIMSON J., 1963 - New method of recording germination data. Nature, 207, 4993, 216-217.

TUKEY H.B., 1933 - Artificial culture of sweet cherry embryos. Jour. Hered. 24, 7-12.

TUKEY H.B., 1938 - Growth pattern of plants developed from immature embryos in artificial culture. Bot.-Gaz. 99, 630-665.

TUKEY H.B., 1945 - The excised embryo method of testing the germinability of fruit seed with particular reference to Peach seed. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 45, 211-219.

TUKEY H.B. et CARLSON R.F., 1945a - Morphological changes in peach seeldings following after-ripening of the seeds. Bot. Gaz., 106, 431-440.

TULASNE., 1855 - Nouvelle étude d'embryogénie végétale. (Ann. des Sci. Nat. Bot.).

VALLADE J., 1970 - Développement embryonnaire chez un Pétunia hybrida hort. C.R. Acad. Sci. Paris, t, 270.

VAVILOV N.I., 1929 - Agricultural Afghanistan - p. 455-456. Leningrad.

VAVILOV N.I., 1930 - Les ancêtres sauvages des arbres fruitiers au Turkestan et au Caucase. International Horticultural Congress; p. 271, Londres.

WENT., 1887 - Etude sur la forme du sac embryonnaire des Rosacées. (Ann. des Soc. Hot. Bot.).

ZALENSKI R.G., 1961 - Pouvoir germinatif du grain de seigle d'hiver récolté pendant les périodes diverses de son grossissement et de sa maturation. Zh. Opytn. Agron., 6, 432-445.

TABLE DES MATIERES

pages

INTRODUCTION 1

HISTORIQUE 4

I. Considérations générales sur l'espèce Amandier 5

A/ Origine botanique de l'Amandier cultivé 5

B/ Origine de la culture de l'Amandier 9

C/ Pomologie générale 9

D/ Place de l'Amandier dans le genre Prunus 10

II. Quelques caractéristiques physiologiques de l'espèce Amandier 12

A/ Effet des conditions climatiques sur l'Amandier. 12

B/ Epoque de floraison de l'Amandier..... 13

C/ Problèmes d'autoincompatibilité chez l'Amandier. 14

D/ La théorie de l'incompatibilité 15

III. Etude histologique du développement de l'embryon en relation avec l'évolution de sa dormance 18

A/ Etude histologique du développement de l'embryon 18

B/ Etude de la dormance de l'embryon au cours de son développement 19

IV. Etude de la dormance des graines 21

A/ En fonction de la variété mère 21

B/ En fonction du pollinisateur 22

V. Etude de la dormance des bourgeons végétatifs 23

PREMIERE PARTIE

Etude histologique du développement de l'embryon en relation avec l'évolution de sa dormance 24

Chapitre I. Etude histologique du développement de l'embryon 25

I. Matériel végétal utilisé 25

II. Méthode d'étude 27

III. Résultats 27

Chapitre II. Etude de la dormance de l'embryon au cours de son développement 38

I. Méthode d'étude 38

II. Résultats 40

A/ Cas des embryons non traités par le froid. 40

B/ Cas des embryons traités par le froid 42

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE 56

DEUXIEME PARTIE

Etude de l'effet parental sur la dormance de l'embryon 57

Chapitre I. Etude de la dormance de l'embryon en fonction de la variété mère 57

I. Première méthode 57

Matériel végétal utilisé 57

Méthode d'étude 59

Résultats 61

A/ Graines débarrassées de l'endocarpe 61

B/ Graines contenues dans l'endocarpe 63

II. Deuxième méthode 67

Matériel végétal utilisé 67

Méthode d'étude 68

Résultats 68

Chapitre II. Etude de l'influence du pollinisateur sur la dormance de l'embryon 80

I. Matériel végétal utilisé 80

II. Méthode d'étude 81

A/ Choix des variétés 81

B/ Préparation du pollen..... 81

C/ Pollinisation 81

III. Examen des résultats des hybridations et des germinations des semences hybrides 82

A/ Variété ARDECHOISE utilisée comme parent femelle 82

Analyse et discussion..... 83

B/ Variété NEC PLUS ULTRA utilisée comme parent femelle 85

Analyse et discussion 85

C/ Variété TEXAS utilisée comme parent femelle 86

Analyse et discussion 88

D/ Variété CRISTOMORTO utilisée comme parent femelle 90

Analyse et discussion 91

E/ Variété AI utilisée comme parent femelle .. 95

Analyse et discussion 96

CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE 103

TROISIEME PARTIE

Recherche d'une relation entre la dormance des bourgeons et celle des embryons 106

Chapitre I. Etude de la dormance des bourgeons végétatifs 107

I. Matériel végétal utilisé 107

II. Méthode d'étude 107

III. Résultats 110

1/ Etude de la dormance des bourgeons végétatifs de la variété NEC PLUS ULTRA 110

A/ A 25° C 110

B/ A 20° C et à 15° C 114

2/ Etude de la dormance des bourgeons végétatifs de la variété CRISTOMORTO 116

A/ A 25° C 116

B/ A 20° C et à 15° C 116

3/ Etude de la dormance des bourgeons végétatifs de la variété TEXAS 118

A/ A 25° C 118

B/ A 20° C et à 15° C 120

4/ Etude de la dormance des bourgeons végétatifs des autres variétés 120

Chapitre II. Relation entre la dormance des bourgeons et celle des embryons 125

I. Méthode d'étude 125

II. Résultats 126

CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE 128

CONCLUSIONS GENERALES 130

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 134

TABLE DES MATIERES 141